



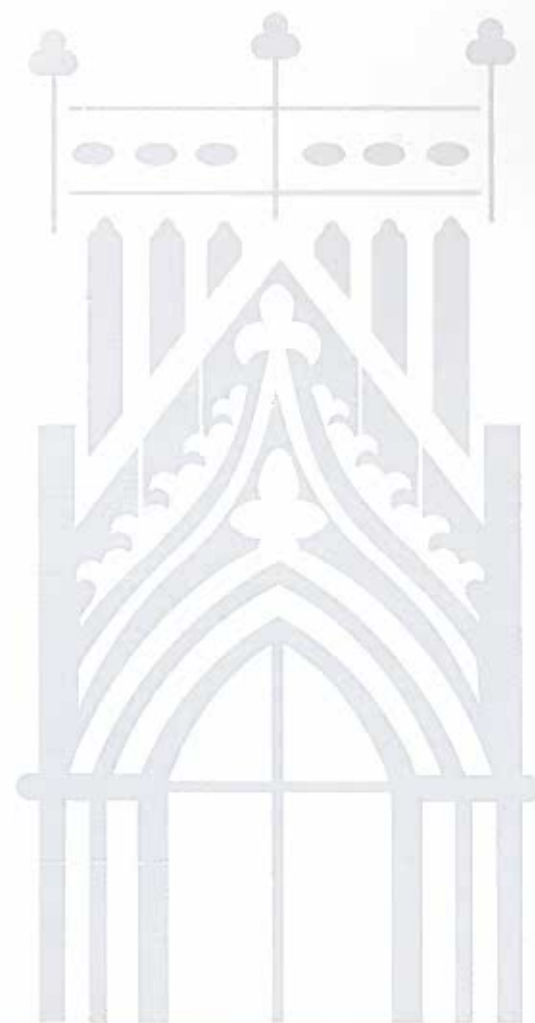
**IPG** Politécnico  
|da|Guarda  
Polytechnic  
of Guarda

# RELATÓRIO DE PROJETO

Licenciatura em Engenharia Topográfica

Ricardo José Esteves Saraiva

dezembro | 2018





## **Escola Superior de Tecnologia e Gestão**

Instituto Politécnico da Guarda

---

# **RELATÓRIO de PROJETO**

**Coordenação da Rede de Apoio e Atualização do Levantamento  
Topográfico do Campus do IPG em PT-TM06 ETRS89**

**RICARDO JOSÉ ESTEVES SARAIVA**

**RELATÓRIO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE LICENCIADO EM ENGENHARIA  
TOPÓGRAFICA**

**Dezembro/2018**

## **Ficha de Identificação**

Aluno

**Nome:** Ricardo José Esteves Saraiva

**Número:** 1010697

**Instituição:** Escola Superior de Tecnologia e Gestão da Guarda

**Curso:** Engenharia Topográfica

Projeto

**Instituição:** Instituto Politécnico da Guarda, Escola Superior de Tecnologia e Gestão

**Designação:** Coordenação da Rede de Apoio e Atualização do Levantamento Topográfico do campus IPG para o sistema PT-TM06 ETRS89

**Localidade:** Guarda

**Professora Orientadora**

**Nome:** Eufémia da Glória Rodrigues Patrício

**Grau Académico:** Doutor em Engenharia Geográfica

## **Agradecimentos**

O presente relatório é a finalização do Curso de Engenharia Topográfica, o qual não poderia ser realizado sem as pessoas que me rodeiam, por isso quero manifestar-lhes todo o meu agradecimento.

Gostaria de agradecer à minha mãe e irmã por todo o apoio e confiança e aos amigos que me ajudaram ao longo desta caminhada.

Agradeço também ao meu colega Bruno Fernandes por toda a disponibilidade prestada e o ótimo espírito de equipa que tivemos.

Agradeço a todos professores do curso de Engenharia Topográfica que me ensinaram e sempre estiveram disponíveis para ajudar em tudo o que precisei.

Um agradecimento especial à professora orientadora Eufémia Glória pela sua paciência, disponibilidade e orientação essenciais para a conclusão deste projeto.

Por fim dedico toda esta caminhada ao meu pai, sei que seria um orgulho para ele ver-me terminar mais esta etapa.



### **Plano Projeto Fim de Curso**

No âmbito da unidade curricular de Projeto, foram dadas ao aluno várias propostas para a realização do projeto de final de curso.

Após a análise as várias propostas com ajuda da docente, foi escolhida a primeira proposta designada de “Levantamento Topográfico do campus do IPG e criação de um SIG temático”. A primeira parte consiste na atualização da rede de apoio ao longo do campus do IPG que se encontra atualmente em Datum Lisboa e será atualizada para o sistema de referência PT-TM06 ETRS89.

A segunda parte do projeto consiste em fazer a atualização do levantamento topográfico já existente, bem como algumas correções.

Como o projeto em causa é muito extenso, foi autorizado pela docente orientadora ser feito por dois alunos, facilitando assim a execução do mesmo.

O projeto foi idealizado em conjunto pelos alunos Ricardo Saraiva e Bruno Fernandes, do curso de Engenharia Topográfica e o SIG temático previsto, será apresentado apenas no relatório do aluno Bruno Fernandes em trabalho futuro.

## Resumo

O presente trabalho consistiu, numa primeira fase, na definição de uma nova rede de apoio no campus do IPG, usada em muitas unidades curriculares do curso de Engenharia Topográfica, aproveitando algumas marcas existentes e materializados por geopregos aquando da medição da rede existente, coordenada em Datum Lisboa, bem como na colocação de novos geopregos, em localizações escolhidas pelos alunos e docentes orientadoras deste projeto.

Depois de concluída a materialização, procedeu-se à coordenação dos pontos, no sistema de referência PT-TM06 ETRS89, com um equipamento GNSS, no modo estático, em tempo real (RTK) com 120 segundos de ocupação em cada um dos pontos,

Depois de coordenada a rede e analisado o levantamento existente, fez-se uma verificação dos elementos em falta e/ou alterações a efetuar no mesmo, de forma, a que, para além de rodado e georreferenciado no novo sistema vigente em Portugal Continental, o trabalho fosse atualizado e complementado. Nesta fase, para além do equipamento GNSS, foi usada uma Estação Total, visto existirem edifícios e estes obstruírem o sinal dos satélites no levantamento com GNSS.

Acabado o trabalho de campo, procedeu-se ao trabalho de gabinete, organizando toda a informação recolhida em campo e procedendo às alterações necessárias.

## Índice Geral

Ficha de Identificação.....	i
Agradecimentos.....	ii
Plano Projeto Fim de Curso.....	iii
Resumo .....	iv
Índice Geral .....	v
Índice de Figuras .....	viii
Índice de Tabelas .....	ix
Glossário de Siglas .....	x
Capítulo 1 .....	1
1. Introdução.....	1
Capítulo 2 .....	3
2. Conceitos teóricos associados ao trabalho efetuado .....	3
2.1. Definição de Topografia .....	3
2.2. Levantamento topográfico .....	4
2.3. Sistemas de Coordenadas.....	5
2.3.1. Coordenadas Geodésicas .....	6
2.3.2. Coordenadas Geocêntricas Cartesianas .....	6
2.4. Sistemas de Referência .....	7
2.4.1. PT-TM06 ETRS89 - European Terrestrial Reference System 1989 .....	7
2.4.2. Datum 73 (Obsoleto - Substituído pelo sistema PT-TM06 ETRS89).....	9
2.4.3. Datum Lisboa (Obsoleto - Substituído pelo sistema PT-TM06 ETRS89) .	9
Capítulo 3 .....	11
3. Equipamentos e Metodologias de Trabalho usadas .....	11
3.1. Equipamentos utilizados .....	11
3.1.1. Estação Total .....	11
3.1.2. GNSS.....	13

3.2.	Princípio e Funcionamento GNSS (GPS + GLONASS) .....	13
3.3.	Método Estático .....	15
3.4.	Método Rápido-Estático .....	15
3.5.	Método Cinemático.....	16
3.6.	Método Pára - Avança .....	16
3.7.	RTK- Real Time Kinematic.....	16
3.7.1.	SBS (Single Base Station) .....	16
3.7.2.	Rede RTK .....	17
3.8.	Rede ReNEP .....	17
Capítulo 4	.....	19
4.	Trabalho Prático .....	19
4.1.	Trabalho de Campo.....	19
4.2.	Materialização da Rede de apoio .....	21
4.2.1.	Georreferenciação da rede de apoio .....	23
4.2.2.	Resultados finais da rede de Apoio .....	25
4.2.3.	Comparação de Coordenadas .....	26
4.3.	Levantamento Topográfico.....	27
4.4.	Levantamento do Edifício da Associação Académica.....	29
4.4.1.	Condições de Estação .....	29
4.4.2.	Rede de Apoio e Georreferenciação .....	30
4.4.3.	Recolha de pontos.....	31
Capítulo 5	.....	32
5.	Trabalho de Gabinete .....	32
5.1.	Criação de Grupos de Pontos.....	32
5.2.	Desenho da Planimetria .....	33
5.3.	Importação e georreferenciação do Levantamento Existente .....	37
5.4.	Desenho Final .....	39

Capítulo 6 .....	42
Discussão e Conclusão .....	42
Bibliografia .....	43
ANEXOS .....	44
Índice de Anexos .....	45

## Índice de Figuras

Figura 1 - Desenho proveniente do levantamento Topográfico .....	5
Figura 2 - Sistema de Coordenadas Geodésicas .....	5
Figura 3 - Coordenadas Geodésicas de um ponto P .....	6
Figura 4 - Coordenadas Cartesianas Geocêntricas.de um ponto P .....	7
Figura 5 - Transporte de Coordenadas .....	11
Figura 6 - Estação Total Leica TCR 803 .....	12
Figura 7 - Recetor GNSS Base. Topcon GR-3 .....	13
Figura 8 Croqui.....	19
Figura 9 – Geoprego na materialização de um ponto da rede de apoio.....	22
Figura 10 – Identificação do Ponto (C - Civil).....	23
Figura 11 - Vértice Geodésico Cerca .....	24
Figura 12 - Diferença de Coordenadas Dt Lx – ETRS89 (IPG 7).....	27
Figura 13- Point Group.....	32
Figura 14 - Menu QueryBuilder .....	33
Figura 15 - Menu Layers .....	34
Figura 16 - Fotografia de Apoio Oficinas .....	35
Figura 17 - Fotografia de Apoio Escadas AAG .....	35
Figura 18 - Edifício Associação Académica .....	36
Figura 19 - Desenho Linha de Água junto à Associação Académica .....	36
Figura 20 - Pormenor Escadas.....	37
Figura 21 – Comando <i>ImportPoints</i> .....	38
Figura 22 - Comando ADERSHEET [Autocad,2018] .....	38
Figura 23 - Levantamento limites e Edifício da Associação Académica .....	39
Figura 24 - <i>Paste To Original Coordinates</i> .....	40
Figura 25 - Vedação Edifício Associação Académica .....	41
Figura 26 - Vedação Junto as Oficinas .....	41

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – PT-TM06 ETRS89 (DGT 2018).....	8
Tabela 2 –Parâmetros do Datum 73 (DGT 2018).....	9
Tabela 3– Parâmetros do Hayford Gauss Datum Lisboa (DGT 2018).....	10
Tabela 4 - Pontos Exitentes no Datum Lisboa .....	21
Tabela 5 - Coordenadas Rede de Apoio Campus IPG no sistema PT TM06 ETRS 89 .	25
Tabela 6 - Diferença de Coordenadas Pt-TM06 ETRS89, DATUM LISBOA.....	26
Tabela 7 - Códigos dos Pontos .....	28
Tabela 8 Pontos Estação .....	30

## Glossário de Siglas

DGT – Direção Geral do Território

PT-TM06 ETRS89 – European Terrestrial Reference System 1989

GNSS - Global Navigation Satellite System

GPS - Global Positioning System

QGIS- Programa Open Source para SIG

IPG – Instituto Politécnico da Guarda

RGN – Rede Geodésica Nacional

RTK - Real Time Kinematic

WGS84 - World Geodetic System 1984

DWG - Extensão de Arquivos de Desenho do software AutoCAD

GRS – Global Reference.System

SIG- Sistema de Informação Geográfica

AAG – Associação Académica da Guarda



## Capítulo 1

### 1. Introdução

Este relatório pretende descrever de forma sucinta e clara o trabalho desenvolvido durante toda a execução do projeto de fim de curso, que decorreu no Campus do Instituto Politécnico da Guarda.

No campus existem 4 edifícios, o Edifício Central, a Escola Superior de Tecnologia e Gestão, a Escola Superior de Educação, Comunicação e Desporto, a Biblioteca e o Edifício da Piscina. Existe também um campo de futebol, uma via principal para circulação automóvel, vários acessos pedonais e espaços verdes com relva e com árvores.

Há cerca de 15 anos atrás os levantamentos topográficos ainda eram efetuados nos sistemas de coordenadas Datum Lisboa e Datum73. Com o avanço da tecnologia, estes *data* começaram por cair em desuso ficando mesmo obsoletos, segundo a autoridade nacional reguladora (DGT). Assim, em Portugal, foi recomendado adotar o sistema de coordenadas PT-TM06 ETRS89, como consequência da implementação do datum geodésico ETRS-89 em toda a Europa. No campus do IPG existe uma rede de apoio e o levantamento topográfico de pormenor georreferenciado em Datum Lisboa desde 2003. Por isso a motivação para a realização deste projeto foi precisamente a necessidade de atualização da rede de apoio do IPG e da sua planta topográfica, para isso foram utilizados vários conceitos aprendidos ao longo de toda a formação académica. Os conceitos teóricos permitiram obter as bases para raciocinar sobre a melhor forma de realizar o trabalho prático, ainda que possa haver outras alternativas. O uso de equipamentos de campo para recolha de dados e *software* de tratamento desses dados permitiram implementar o trabalho apresentado neste relatório.

O relatório está organizado em 6 capítulos.

No Capítulo 1 é feita uma Introdução

No Capítulo 2 são abordados conceitos teóricos e métodos de funcionamento dos equipamentos utilizados durante o projeto. São ainda apresentados conceitos

relacionados com levantamentos topográficos, implantação de pontos e sistemas de referência.

No Capítulo 3 são apresentadas as metodologias de trabalho, e os equipamentos utilizados para a realização do projeto

No Capítulo 4 é apresentado o trabalho realizado em campo ao longo do projeto, desde os critérios de localização dos pontos da nova rede, passando pela sua georreferenciação e acabando no levantamento dos elementos em falta.

No Capítulo 5 é explicado todo o trabalho de gabinete executado até o projeto estar concluído

No Capítulo 6 são apresentadas as conclusões referentes ao projeto.

## Capítulo 2

### 2. Conceitos teóricos associados ao trabalho efetuado

#### 2.1. Definição de Topografia

A palavra "Topografia" deriva das palavras gregas "*topos*" (Lugar) e "*graphen*" (descrição de um lugar) significando, portanto, a representação exata de um lugar. A determinação do contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada de terreno através de cartas ou plantas, converte-se na base de qualquer projeto e obra de engenharia ou arquitetura. Com efeito, desde edifícios e obras viárias a sistemas de água e saneamento, planeamento urbanístico e paisagístico, entre outros, todos se desenvolvem em função do terreno sobre o qual assentam pelo que é fundamental o conhecimento pormenorizado desse mesmo terreno, tanto na fase do projeto, como na sua execução. É na Topografia que se encontram os métodos e os instrumentos que permitem esse conhecimento e asseguram uma correta implantação da obra. Inicialmente, a Topografia ocupava-se do estudo de locais restritos, pretendendo simplificar os problemas de representação provocados pela curvatura da Terra. No entanto, esta simplificação teve que ser ultrapassada uma vez que a necessidade de obter representações de superfícies cada vez maiores, obrigou a que essa limitação territorial fosse alargada e, conseqüentemente, a que a referida curvatura fosse, forçosamente, considerada. Assim, a Topografia passou a apoiar-se num outro ramo da geofísica, a geodesia. A Geodesia permite que a curvatura da Terra seja considerada num estudo topográfico de larga escala através da utilização de um quadro de referência a partir das coordenadas cartográficas dos vértices da rede geodésica. Os sistemas de referência geodésicos são adotados internacionalmente, sendo da responsabilidade da Associação Internacional de Geodesia. Uma das faces mais visíveis da Topografia são os levantamentos topográficos, que consistem em todo o trabalho de campo e gabinete que permite a recolha e tratamento da informação necessária à produção de uma planta ou carta topográfica representativa do terreno em estudo. Existem dois grandes métodos reconhecidos para a realização dos levantamentos topográficos, cada um dos quais vocacionado para diferentes situações: o método clássico, que consiste na recolha da informação diretamente no terreno, a partir de instrumentos simples de medição como é o caso dos teodolitos, estações totais e Equipamento de Posição por Satélite. Este

método, pelo baixo custo que representa e pela maior demora na recolha da informação, está mais indicado para trabalhos de escala elevada relativos a pequenas superfícies territoriais. O método fotogramétrico, onde o “grosso” da informação é recolhida através da análise de fotogramas do terreno, obtidos através de fotografia aérea ou de imagens enviadas por satélites artificiais. Este método é normalmente utilizado em levantamentos de superfícies mais extensas. Atualmente no método clássico de recolha de dados podemos falar no método espacial, em que a recolha de dados é feita com GNSS. Embora possa ser designado de método clássico porque a recolha de dados se faz diretamente no terreno, a dependência dos satélites para a medição no terreno inclui este método na classe dos levantamentos topográficos por métodos espaciais.

## **2.2. Levantamento topográfico**

Operação de aquisição de dados necessários à elaboração de cartas topográficas e ao apoio de atividades que exijam o conhecimento pormenorizado dos acidentes topográficos, tal como as obras de engenharia. No chamado método clássico, os dados são adquiridos no terreno, por observação direta dos acidentes topográficos, utilizando instrumentos óticos e eletrónicos na medição de ângulos, distâncias e coordenadas tridimensionais.

Os levantamentos topográficos passam por duas fases, ou seja, na primeira fase é materializada uma rede de apoio topográfico e numa segunda fase, com estação do equipamento nos vértices da rede de apoio, procede-se ao levantamento de pormenor do terreno.

O levantamento de pormenor pode ser realizado, de modo mais eficiente, com recurso a Estações Totais e equipamentos GNSS com cadernetas eletrónicas.

Em cada estação, um operador na estação total procede às visadas e ao registo de leituras e códigos alfanuméricos de identificação dos elementos do terreno. Um segundo operador percorre os pontos notáveis do terreno, com intervisibilidade para a Estação Total, com um retro – refletor colocado sobre um bastão dotado de um nível esférico para a verticalização. A figura 1 apresenta o levantamento do edifício da Associação Académica da Guarda para exemplificar o trabalho realizado.



Figura 1 - Desenho proveniente do levantamento Topográfico

### 2.3. Sistemas de Coordenadas

A Figura 2 especifica as componentes de um Sistema de Coordenadas Geodésicas, como sendo um conjunto de entidades geométricas que permitem determinar três coordenadas (latitude, longitude, altitude elipsoidal) recorrendo a um datum geodésico planimétrico e altimétrico.

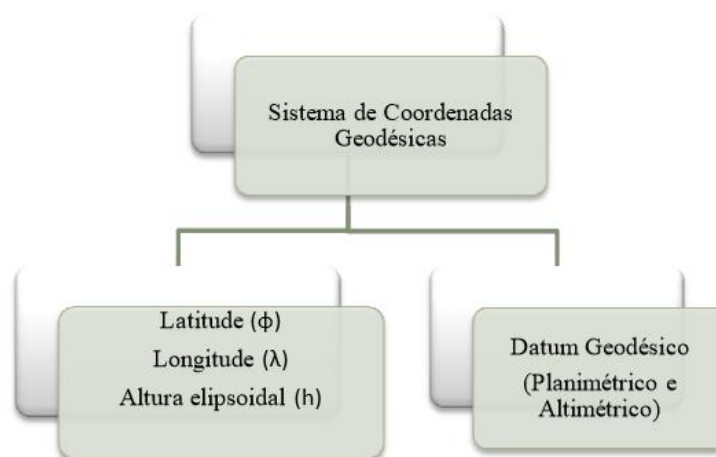
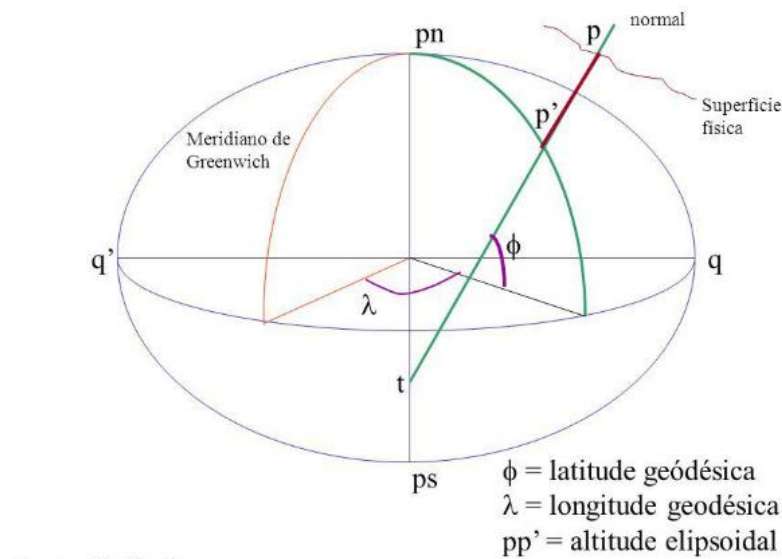


Figura 2 - Sistema de Coordenadas Geodésicas

### 2.3.1. Coordenadas Geodésicas

As Coordenadas medidas à superfície da Terra, no passado estas coordenadas eram medidas por processos de observação astronómica, atualmente por técnicas com recurso a sistemas de Posicionamento e Navegação por Satélite e calculadas sobre o elipsoide de referência considerado. Designam-se coordenadas elipsoidais ou geodésicas, a latitude e longitude geodésica e altitude geodésica, pois são determinadas sobre o elipsoide.



**Figura 3 - Coordenadas Geodésicas de um ponto P**

### 2.3.2. Coordenadas Geocêntricas Cartesianas

A cada elipsoide de referência pode ser associado o referencial cartesiano tridimensional cuja origem coincide com o centro do elipsoide.

Quando o elipsoide de referência é posicionado globalmente, o seu centro fica muito próximo do centro de massa da Terra, caso dos GRS e WGS.

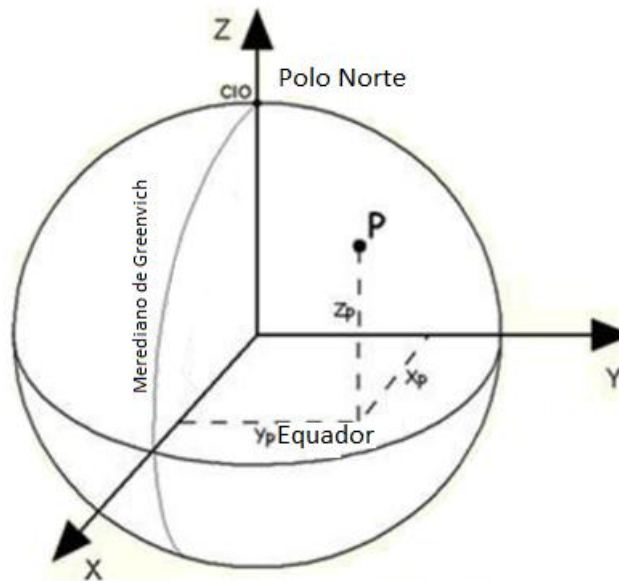


Figura 4 - Coordenadas Cartesianas Geocêntricas de um ponto P

## 2.4. Sistemas de Referência

Designa-se por sistema geodésico de referência o conjunto de parâmetros que permite posicionar univocamente um objeto sobre a superfície da Terra. Dos sistemas utilizados ao longo do tempo, vai-se destacar o ETRS 89 por ser o utilizado neste trabalho, no entanto descreve-se também o *Datum 73* e o *Datum Lisboa*, por causa da conversão da informação geográfica já existente referenciada em *Datum Lisboa*.

### 2.4.1. PT-TM06 ETRS89 - European Terrestrial Reference System 1989

O ETRS89 é um sistema global de referência recomendado pela EUREF (*European Reference Frame*, subcomissão da IAG - Associação Internacional de Geodesia) estabelecido através de técnicas espaciais de observação. No simpósio da EUREF realizado em Itália em 1990 foi adotada a seguinte resolução: "A Subcomissão da IAG para o Referencial Geodésico Europeu (EUREF) recomenda que o sistema a ser adotado pela EUREF seja coincidente com o ITRS na época de 1989.0 e fixado à parte estável da Placa Euro-Asiática, sendo designado por Sistema de Referência Terrestre Europeu 1989 (*European Terrestrial Reference System - ETRS89*) " O estabelecimento do ETRS89 em Portugal Continental foi efetuado com base em campanhas internacionais (realizadas em 1989, 1995 e 1997), que tiveram como objetivo ligar convenientemente a

rede portuguesa à rede europeia. Nos anos subsequentes, toda a Rede Geodésica de 1ª e 2ª ordem do Continente foi observada com GNSS, tendo o seu ajustamento sido realizado fixando as coordenadas dos pontos estacionados nas anteriores campanhas internacionais. A agência *Euro Geographics* recomenda a utilização das seguintes projeções cartográficas: Transversa de Mercator, para escalas superiores a 1/500 000; cônica conforme de Lambert, com dois paralelos de escala conservada, para escalas inferiores a 1/500 000. Desde 2006, para o Território Continental, os parâmetros da projeção Transversa de Mercator referida são os que no quadro abaixo se listam. Este sistema deverá substituir completamente os anteriormente usados, que se consideram obsoletos

<b>Elipsoide de referência:</b>	GRS80	Semi-eixo maior: $a = 6\,378\,137\text{ m}$ Achatamento: $f = 1 / 298,257\,222\,101$
<b>Projeção cartográfica:</b>	Transversa de Mercator	
<b>Latitude da origem das coordenadas retangulares:</b>	39° 40' 05",73 N	
<b>Longitude da origem das coordenadas retangulares:</b>	08° 07' 59",19 W	
<b>Falsa origem das coordenadas retangulares:</b>	Em M (distância à Meridiana): 0 m Em P (distância à Perpendicular): 0 m	
<b>Coefficiente de redução de escala no meridiano central:</b>	1,0	

Tabela 1 – PT-TM06 ETRS89 (DGT 2018)



#### 2.4.2. Datum 73 (Obsoleto - Substituído pelo sistema PT-TM06 ETRS89)

O Datum 73 foi estabelecido na década de 1970, posteriormente à reobservação da rede geodésica de Portugal Continental, cujos parâmetros são mostrados na tabela 2.

As observações angulares foram efetuadas na década de 1960 com teodolitos Wild T3 e T4, tendo a orientação da rede sido estabelecida pelo azimuth Melriça TF4 -> Montargil.

A escala da rede foi dada pela base de invar de Vilar Formoso e por vários outros lados observados com Geodímetro AGA, *Electrotape* e Telurómetro.

Foi escolhido para ponto origem do Datum um vértice geodésico no centro do País (ao contrário do Datum Lisboa que tem a sua origem numa extremidade do território) de forma a minimizar as eventuais distorções da rede.

O cálculo da rede geodésica de primeira ordem foi realizado num só bloco, pelo método de variação de coordenadas. (DGT 2018)

<b>Ponto origem das coordenadas geodésicas:</b>	Vértice Geodésico Melriça TF4 (Observações Astronómicas de 1964)	
<b>Elipsoide de referência:</b>	Hayford (ou Internacional 1924)	Semi-eixo maior: $a = 6\,378\,388$ m Achatamento: $f = 1/297$
Para trabalhos associados a este Datum (produção cartográfica e outros) é habitualmente usado o seguinte sistema de projeção:		
<b>Projeção cartográfica:</b>	Gauss-Krüger	
<b>Latitude da origem das coordenadas retangulares:</b>	39° 40' 00" N	
<b>Longitude da origem das coordenadas retangulares:</b>	08° 07' 54",862 W	
<b>Falsa origem das coordenadas retangulares:</b>	Em M (distância à Meridiana): +180,598 m Em P (distância à Perpendicular): -86,990 m	
<b>Coefficiente de redução de escala no meridiano central:</b>	1,0	

Tabela 2 –Parâmetros do Datum 73 (DGT 2018)

#### 2.4.3. Datum Lisboa (Obsoleto - Substituído pelo sistema PT-TM06 ETRS89)

O Datum Lisboa, , cujos parâmetros são mostrados na tabela 3, foi estabelecido nos finais do século XIX. As observações angulares que deram origem a este Datum foram realizadas entre 1888 e 1963 com teodolitos Troughton e Repsold. A orientação da rede

foi dada pelo azimute Lisboa -> Serves e a sua escala pela base da Chamusca medida com decâmetro de Repsold. O cálculo foi realizado pelo método das condições de observação, tendo sido determinada em primeiro lugar a triangulação fundamental e posteriormente a restante rede de primeira ordem, dividida em vários blocos.

Em 1945 o então denominado Instituto Geográfico e Cadastral, realizou um trabalho para a Câmara Municipal de Lisboa com um objetivo de criar uma rede de apoio mais densa na zona de Lisboa, para a execução de cartografia à escala 1:1000. A rede assim criada, denominada Triangulação Local de Lisboa (TLLx), está referida ao Datum Lisboa. Uma vez que qualquer ponto desta triangulação dista menos de 11km do Castelo de São Jorge, não se julgou necessário definir analiticamente uma projeção cartográfica que estabelecesse a correspondência entre os pontos sobre o elipsóide e os do plano cartográfico. As coordenadas da TLLx estão referidas a um sistema de eixos retangulares situados no plano tangente ao elipsóide no vértice geodésico situado no castelo de S. Jorge, tendo este ponto as seguintes coordenadas: M (distância à Meridiana) = 12 000 m; P (distância à Perpendicular) = 6 000 m, relativamente ao vértice Geodésico Melriça.(DGT 2018)

<b>Elipsoide de referência:</b>	Hayford (ou Internacional 1924)	Semieixo maior: $a = 6\,378\,388$ m Achatamento: $f = 1/297$
Para trabalhos associados a este Datum (produção cartográfica e outros) é habitualmente usado o seguinte sistema de projeção:		
<b>Projeção cartográfica:</b>	Gauss-Krüger	
<b>Falsa origem das coordenadas retangulares:</b>	Em M (distância à Meridiana): 0 m Em P (distância à Perpendicular): 0 m	
<b>Coefficiente de redução de escala no meridiano central:</b>	1,0	

Tabela 3– Parâmetros do Hayford Gauss Datum Lisboa (DGT 2018)

## Capítulo 3

### 3. Equipamentos e Metodologias de Trabalho usadas

#### 3.1. Equipamentos utilizados

##### 3.1.1. Estação Total

Uma estação total, resumidamente é constituída por um teodolito eletrónico e um instrumento de medição eletro-óptica (EDM). O EDM é colocado numa posição concêntrica em relação à luneta do teodolito e é, nos instrumentos mais recentes, incorporado na própria luneta, formando um único bloco. Até há bem pouco tempo, era frequente o EDM ser acoplado à luneta, o que permitia o seu uso quer nos teodolitos eletrónicos quer nos teodolitos óticos, formando assim, uma estação total semi-eletrónica.

A topografia clássica engloba vários métodos para coordenação de redes de apoio topográfico, são exemplos o método da triangulação, o método da poligonação, interseção, irradiação, entre outros. Tais métodos baseiam-se na determinação de coordenadas de um dado ponto (ponto B) a partir das coordenadas de outro ponto (ponto A) conhecidas à partida e conhecendo também a distância horizontal que separa  $(\overline{AB})$  e o rumo da direção formada pelo ponto de coordenadas conhecidas e pelo ponto a coordenar (AB). O processo de obtenção de coordenadas utilizando a estação total é baseado no método de transporte de coordenadas, tendo em consideração a seguinte figura 5.

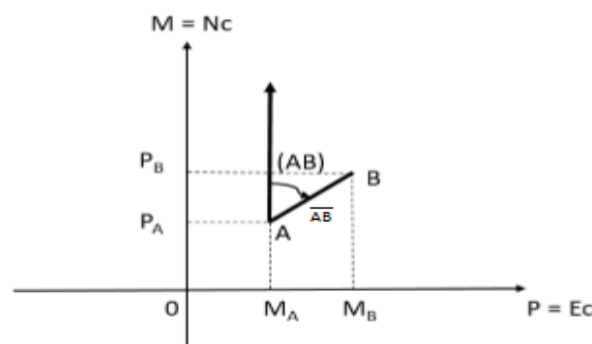


Figura 5 - Transporte de Coordenadas

Onde  $\overline{OM}$  é o eixo das meridianas e  $\overline{OP}$  é o eixo das perpendiculares.

Considerando a Figura 5, vem:

$$\sin(AB) = \frac{M_B - M_A}{\overline{AB}} \Leftrightarrow M_B - M_A = \overline{AB} \times \sin(AB) \Leftrightarrow M_B = M_A + \overline{AB} \times \sin(AB)$$

Da mesma forma obtém-se:

$$\cos(AB) = \frac{P_B - P_A}{\overline{AB}} \Leftrightarrow P_B - P_A = \overline{AB} \times \cos(AB) \Leftrightarrow P_B = P_A + \overline{AB} \times \cos(AB)$$

Neste projeto a Estação total utilizada foi da marca Leica, modelo TCR 803 (usada no modo preciso com erro de 2mm + 2ppm e precisão angular de 3''), bem como todos os seus acessórios, tripé Leica, Prisma Leica, mostrados na figura 6.



Figura 6 - Estação Total Leica TCR 803

### 3.1.2. GNSS

O GNSS utilizado neste trabalho foi um Recetor GNSS da marca Topcon, modelo GR-3 (Base e Rover), bem como todos os seus acessórios, tripé Caderneta e bastão Topcon, Figura 7.



Figura 7 - Recetor GNSS Base. Topcon GR-3

### 3.2. Princípio e Funcionamento GNSS (GPS + GLONASS)

Os trabalhos com GNSS podem ser realizados em Pós processamento ou em Tempo Real. No caso do Pós processamento é necessário um *software* específico para processar os dados obtidos em campo. No caso do tempo real o próprio equipamento efetua esse processamento em campo. A principal diferença é o tempo de aquisição de dados e a precisão obtida. Neste trabalho a recolha de dados foi efetuada com equipamento para

tempo real. Os métodos a seguir referidos podem ser usados em tempo real ou pós processamento, dependendo dos objetivos do trabalho.

O GNSS baseia-se na medição de distâncias entre o recetor e os satélites, sendo a posição que estes ocupam no espaço conhecida na medida em que é difundida por uma mensagem de navegação, ou seja, os satélites funcionam como pontos de referência rigorosos para determinação das coordenadas.

Ao considerarmos um satélite no centro de uma esfera, o recetor pode encontrar-se num ponto à superfície da esfera, sendo o raio dessa esfera a distância do satélite ao recetor. Com um segundo satélite no centro de outra esfera e essa segunda esfera intersectando a primeira, o recetor pode agora encontrar-se em qualquer ponto da linha de interseção das duas esferas, como o terceiro no centro de uma esfera também o recetor pode encontrar-se em dois pontos da linha de interseção anterior, para decidir qual dos pontos é a posição do recetor, utiliza-se um quarto satélite, mas normalmente um desses pontos é inutilizado pois está demasiado afastado da terra.

As equações não lineares 1), 2), 3) e 4) formam um sistema de 4 equações a 4 incógnitas, permitindo determinar o posicionamento tridimensional de um qualquer ponto à superfície da Terra e são apresentadas a seguir

$$\left\{ \begin{array}{ll} d_1 = \sqrt{(X - x_1)^2 + (Y - y_1)^2 + (Z - z_1)^2} + c \cdot \Delta t & 1) \\ d_2 = \sqrt{(X - x_2)^2 + (Y - y_2)^2 + (Z - z_2)^2} + c \cdot \Delta t & 2) \\ d_3 = \sqrt{(X - x_3)^2 + (Y - y_3)^2 + (Z - z_3)^2} + c \cdot \Delta t & 3) \\ d_4 = \sqrt{(X - x_4)^2 + (Y - y_4)^2 + (Z - z_4)^2} + c \cdot \Delta t & 4) \end{array} \right.$$

Onde:

$x_i, y_i, z_i$  – Representam as coordenadas tridimensionais do satélite;

$X, Y, Z$  – Representam as coordenadas tridimensionais do recetor (incógnitas);

$d_i$  – Representa a distância do satélite ao recetor ( $i=1, \dots, 4$ );

$c$  – Velocidade da luz (300 000 km/s);



$\Delta t$  – Diferença de tempo entre o relógio do satélite e o relógio do recetor.

A precisão do equipamento pode ser especificada pelos seguintes elementos, devendo ser inferior a 6:

HDOP – Degradação da precisão na componente horizontal (planimetria);

VDOP – Degradação da precisão na componente vertical (altimetria);

PDOP – Degradação da posição tridimensional (X, Y, Z);

GDOP – Degradação da posição geométrica/global (X, Y, Z, Tempo).

Este é o princípio básico do funcionamento do GNSS, ou seja, utiliza satélites como pontos de referência para obter qualquer posição sobre a Terra por trilateração.

Como existe um vértice geodésico perto do campus do IPG, Vértice Cerca, usou-se o mesmo para estacionar o recetor base, para se coordenar a rede de apoio no Campus do IPG.

### **3.3. Método Estático**

É o método que permite obter maior precisão. É utilizado para medições de bases/vetores longas, para coordenar redes geodésicas, efetuar o controlo de deformações em grandes estruturas de engenharia civil ou fenómenos naturais, como por exemplo: placas tectónicas e vulcões. Neste método os recetores permanecem fixos durante um determinado intervalo de tempo que pode durar horas dependendo do comprimento da base entre o recetor fixo e móvel.

A Precisão obtida, centimétrica ou milimétrica, depende do comprimento da base.

### **3.4. Método Rápido-Estático**

É um método estático de curta duração entre 5 a 20 minutos, onde as ambiguidades são determinadas mais rapidamente. Para bases curtas (5 a 10 km) é muito preciso e mais rápido que o estático. “A diferença para o método anterior é que se observam todas as frequências possíveis, a L1, a L2, a e as frequências GLONASS, tendo os recetores a usar que ter essa capacidade”.

Este método permite alcançar uma precisão de  $1\text{cm} + 2\text{ppm}$ , para bases de comprimento até 20 km.

### **3.5. Método Cinemático**

É usado na medição de vários pontos sucessivamente. É um método bastante eficaz de medir vários pontos próximos entre si. O receptor não fica em modo estático em qualquer período da sessão. O problema deste método é quando o sinal é obstruído (árvores, pontes.) ou há poucos satélites (inferior a 4) porque é necessária uma re-inicialização que pode demorar alguns minutos.

### **3.6. Método Pára - Avança**

Este método consiste em transportar o receptor a todos os pontos a observar, efectuando breves paragens (alguns segundos), nas posições de maior interesse. O requisito básico é que as ambiguidades sejam resolvidas antes de se iniciar o posicionamento.

### **3.7. RTK- Real Time Kinematic**

A metodologia associada ao RTK, baseia-se no princípio de que os erros que afetam o cálculo da posição absoluta no GNSS são aproximadamente iguais numa determinada área geográfica em que se esteja a trabalhar.

Esses erros resultam dos efeitos da Ionosfera, Troposfera, Órbitas dos satélites GNSS, Osciladores dos satélites e dos recetores.

O Posicionamento RTK utiliza correções de fase, fazendo uma correlação temporal e espacial dos erros, obtendo precisões centimétricas ou superiores.

Existem dois métodos de obtenção de correções em RTK por exemplo:

#### **3.7.1. SBS (Single Base Station)**

O método Base – RTK, também designada por “estação – base simples”, da denominação em inglês Single Base Station (SBS), tem a restrição da distância entre recetores a qual deve ser igual ou inferior a 10 km. No entanto, há outras limitações das



quais se salientam, o facto de serem necessários pelo menos dois equipamentos GNSS e o raio de ação limitado pela distância, aumentando a degradação à medida que aumenta a distância entre a Base e o Móvel

O referido método consiste em colocar um recetor GNSS (designado por Estação de Referência - ER), num ponto de coordenadas perfeitamente conhecidas (por ex.: Vértice Geodésico). Este pode comparar as coordenadas calculadas através do GNSS com as desse ponto (que são coordenadas rigorosas). Obtêm-se assim as correções diferenciais, que são depois radiodifundidas para outro recetor GNSS, denominado “Móvel”, para correções das coordenadas calculadas por este.

### 3.7.2. Rede RTK

A metodologia Rede – RTK utiliza uma estação de referência GNSS com coordenadas conhecidas com alta precisão. Da análise de cada estação resulta um conjunto de correções que, no seu conjunto permitirão modelar os erros sistemáticos numa dada região.

### 3.8. Rede ReNEP

Para apoio aos trabalhos de Topografia e Geodesia existe uma rede terrestre portuguesa, denominada ReNEP (Rede Nacional de Estações Permanentes), com estações permanentes a recolher dados dos satélites todas as 24 horas.

A ReNEP é um serviço público de geo-posicionamento prestado pela DGT que, no âmbito das suas atribuições de manutenção do Referencial Geodésico Nacional, disponibiliza aos utilizadores de equipamentos GNSS dados que facultam a determinação de coordenadas geográficas com precisão superior a 10 cm.

Os dados fornecidos permitem a qualquer operador dispor de dados fiáveis para utilizar em conjunto com os dados por ele recolhidos, conseguindo assim fazer um trabalho de precisão recorrendo a um único recetor.

A utilização destes dados, permite, por exemplo no Método GNSS Diferencial, a que o utilizador apenas ocupe os pontos de interesse e recolha os dados, sem necessidade de ocupar um ponto de coordenadas conhecidas.

O processamento para se obter as coordenadas pode ser realizado descarregando os dados de uma ou mais estações permanentes mais próximas

Por outro lado existe uma rede chamada “Projeto SERVIR”- Sistema de Estações de Referência GNSS virtuais para RTK, pertencente ao Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGEOE), cujo objetivo inicial era o de otimizar o cumprimento da missão e a atividade de produção cartográfica. Contudo, reconhecidas as mais-valias que poderiam advir para a comunidade civil e científica, foi decidido disponibilizar o sistema ao utilizador geral.

Este projeto visa estabelecer uma rede de estações de referência GNSS para posicionamento em tempo real. O sistema é constituído por três elementos: um conjunto de estações de referência, um sistema de comunicações, um centro de cálculo de vigilância e controlo.

Este sistema permite que um utilizador estabeleça uma ligação com o centro de cálculo (via WEB, GSM, GPRS ou comunicação rádio), o qual, após processadas as observações GNSS, disponibiliza as correções diferenciais aplicáveis à área onde este pretende executar o trabalho. É um conceito aparentemente simples, que se baseia no princípio de que os erros que afetam os recetores GNSS dos utilizadores que estejam no interior da rede, “são determináveis pelo sistema, em função dos erros obtidos nas estações envolvidas, permitindo calcular as correções para a posição aproximada do ER - Móvel”. Havendo forma de fazer chegar “quase instantaneamente” essas “correções” aos equipamentos dos utilizadores do sistema, é assim possível obter em tempo “quase real” as coordenadas corrigidas e precisas de qualquer ponto no terreno

## Capítulo 4

### 4. Trabalho Prático

#### 4.1. Trabalho de Campo

Um dos parâmetros mais importantes no decorrer de um trabalho prático, é o planeamento do mesmo. Nesse sentido foi necessário perceber bem, quais eram todas as tarefas a realizar, para de seguida se ordenarem de forma a não repetir processos e a evitar faltas. Numa primeira fase foi gerada uma Planta de Localização a partir do serviço de Cartografia e SIG da Associação de Municípios da Cova da Beira, (anexo 2) de seguida fez-se o reconhecimento do terreno a levantar com o objetivo de recolher informação, que foi usada para fazer o croqui da figura 8.

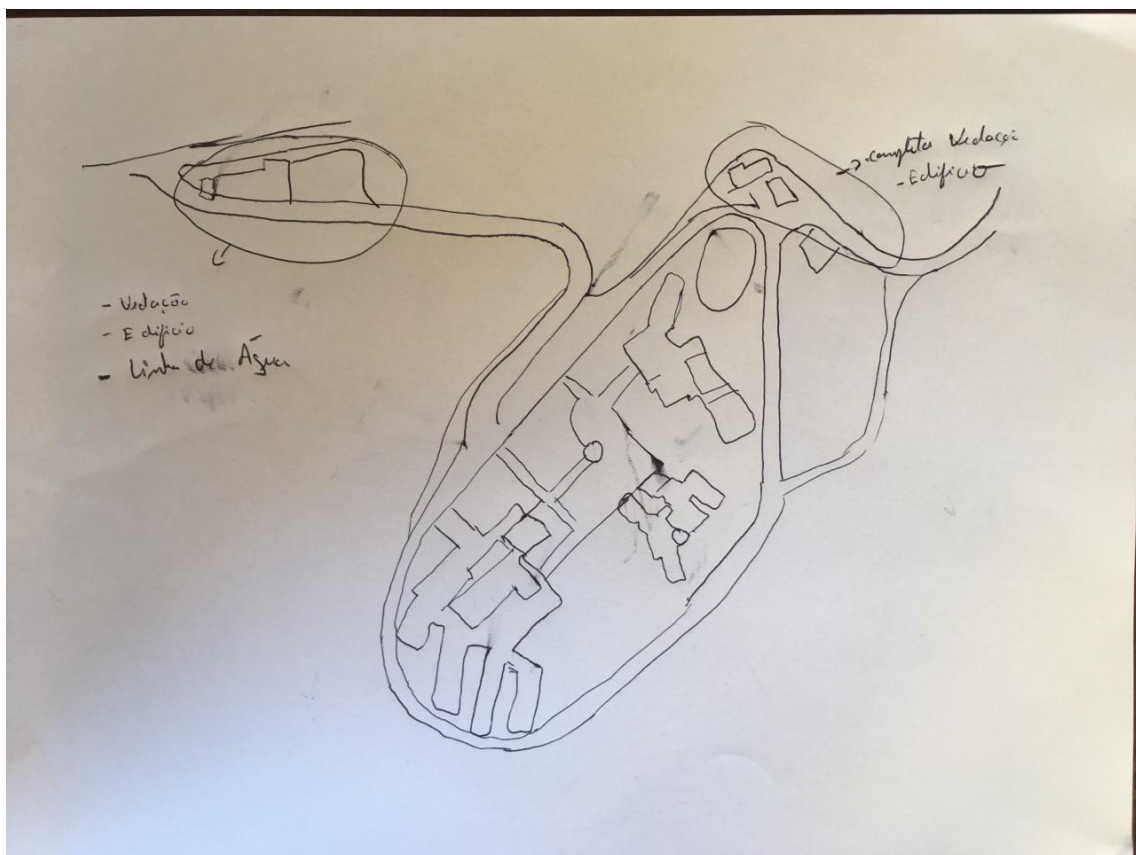


Figura 8 Croqui

Atingida esta meta, define-se de que forma o levantamento topográfico e a rede de apoio poderá estar ligada à Rede Geodésica Nacional, ou seja, georreferenciado. No caso do presente trabalho os pontos da rede de apoio foram georreferenciados, com equipamento GNSS, estando as coordenadas obtidas no sistema PT-TM06 ETRS89; os restantes pontos foram obtidos a partir desta rede, portanto, todos os pontos do levantamento ficaram georreferenciados; vista a morosidade no levantamento topográfico completo de todo o Campus, optou-se por atualizar o levantamento existente e a partir de pontos comuns da rede de apoio antiga e da rede nova, fazer a georreferenciação do mesmo no novo sistema de referência, ficando assim “amarrado” a estes pontos que cobrem toda a área a levantar.

## 4.2. Materialização da Rede de apoio

Nesta fase do projeto identificaram-se todos os pontos topográficos existentes e em boas condições de utilização, cujas coordenadas em Datum Lisboa constam na tabela 4.

Pontos	DATUM LISBOA		
	M(m)	P(m)	Cota(m)
IPG 1	72181.875	97322.041	912.585
IPG 2	72199.324	97412.815	912.587
IPG 3	72168.261	97479.089	914.031
IPG 4	72093.687	97504.138	917.094
IPG 5	72031.506	97479.268	920.962
IPG 6	71976.263	97419.381	924.422
IPG 7	71926.114	97360.338	927.405
IPG 8	71879.194	97305.953	930.365
IPG 9	71867.825	97225.367	933.262
IPG 10	71883.814	97154.159	935.936
IPG 11	71978.159	97082.006	935.287
IPG 12	72037.275	97147.202	930.387
TRIANGULO 1	72114.839	97229.522	922.122
TRIANGULO 2	71875.587	97052.412	940.047
CIVIL	72061.595	97418.211	920.742
TORRE	72072.261	97402.627	921.325
B2	72024.005	97303.732	921.701
CENTRAL	72029.428	97236.966	925.420
RAMPA 1	72110.240	97068.093	946.975
BIBLIOTECA	72026.578	97383.207	924.183

**Tabela 4 - Pontos Existentes no Datum Lisboa**

Durante a análise da rede houve pontos da rede antiga que não foram encontrados ou não possuíam intervisibilidade entre si; nestes casos procedeu-se à materialização de novos pontos, num total de 5, de forma a completarem a rede: IPG 5, IPG 11, BIBLIOTECA, RAMPA 1 E RAMPA 2.

Para a materialização dos novos pontos foram considerados vários critérios:

- Intervisibilidade: possibilidade de visar pelo menos dois pontos a partir do ponto de estação;
- Localização: Teve-se especial atenção à escolha da localização, para que fosse possível obter sinal de GNSS, evitando árvores ou obstáculos, e ainda evitar pontos que ao estacionar a Estação Total, colocassem em perigo o utilizador ou o material devido ao tráfego automóvel.

Para a materialização dos pontos no terreno utilizaram-se Geopregos como mostra a figura 9, que com a ajuda de um martelo se cravaram no solo, e posteriormente, para uma maior visibilidade pintaram-se com spray, identificando a sua designação, como mostra a figura 10.



**Figura 9 – Geoprego na materialização de um ponto da rede de apoio**





**Figura 10 – Identificação do Ponto (C - Civil)**

#### 4.2.1. Georreferenciação da rede de apoio

Após a materialização da rede de apoio, procedeu-se à sua georreferenciação.

Para se dar início à georreferenciação da rede foi necessário estacionar o recetor Base do GNSS no vértice geodésico “CERCA” (figura11).

Após a colocação e nivelamento da Base do GNSS, efetuou-se ainda no local, a sua configuração. Foi efetuada a ligação via rádio entre o recetor Rover e o recetor Base. Para a configuração do equipamento e depois de consultado o site da DGT, foram inseridas as coordenadas do vértice geodésico “CERCA”, no sistema de referência PT-TM06 ETRS89, no recetor Base, estacionando de seguida este recetor no Vértice Geodésico “CERCA”.

Depois de configurada a Base, o Rover e a ligação Base-Rover efetuada via rádio, procedeu-se ao levantamento dos pontos da rede, estacionando-se o Rover 120 segundos em cada ponto da rede, sendo as coordenadas obtidas a partir da média das 120 leituras, verificando sempre o erro final em cada leitura, ficando assim a nossa rede de apoio do campus do IPG ligada à RGN (Rede Geodésica Nacional).

As coordenadas planimétricas foram obtidas, como explicado anteriormente as coordenadas altimétricas foram obtidas, configurando o equipamento nos parâmetros altimétricos a partir do modelo de geoide (GeodPT08), carregado na caderneta usada. Assim para além do Datum planimétrico vigente, os pontos têm a sua altimetria em consonância com o Datum altimétrico de Cascais.



**Figura 11 - Vértice Geodésico Cerca**

O método de RTK com Base e Rover foi escolhido porque nas proximidades do campus do IPG existe um vértice geodésico, além de que, todos os pontos da rede serem possíveis de coordenar com o GNSS, visto existir boa cobertura de sinal em todos eles, à exceção do ponto Biblioteca, que foi coordenado posteriormente, com o recetor Base estacionado no ponto Civil, e com o mesmo tempo de ocupação, 120 segundos.

Neste processo verificou-se que o erro ao final dos 120 segundos, para todos os pontos foi de 1mm na componente horizontal das coordenadas e 1mm na componente vertical.



#### 4.2.2. Resultados finais da rede de Apoio

No final de todos os pontos estarem coordenados, foi efetuada a transferência do ficheiro em formato txt com as respetivas coordenadas de cada ponto, do qual se apresenta a tabela5. Para exemplificar a estrutura do ficheiro txt, na tabela5 é designado o número do ponto, as coordenadas M e P e a sua cota como consta no ficheiro txt na tabela é acrescentado ainda a designação do ponto materializada no terreno.

Ponto	Nome Materializado	M(m)	P(m)	Cota(m)
9001	IPG 1	72180.546	97322.734	911.044
9002	IPG 2	72198.000	97413.508	911.037
9003	IPG 3	72166.936	97479.770	912.474
9004	IPG 4	72092.356	97504.811	915.559
9005	IPG 5	72019.928	97472.225	920.022
9006	IPG 6	71974.941	97420.065	922.886
9007	IPG 7	71924.786	97361.022	925.868
9008	IPG 8	71877.879	97306.628	928.831
9009	IPG 9	71866.537	97226.055	931.758
9010	IPG 10	71882.501	97154.860	934.394
9011	IPG 11	71970.888	97075.870	934.053
9012	IPG 12	72035.940	97147.908	928.883
9013	TRIANGULO 1	72113.520	97230.220	920.585
9014	TRIANGULO 2	71874.281	97053.127	938.510
9015	CIVIL	72060.289	97418.915	919.209
9016	TORRE	72070.965	97403.324	919.805
9017	B2	72022.681	97304.404	920.172
9018	CENTRAL	72028.109	97237.646	923.870
9019	RAMPA 1	72321.559	97063.791	965.959
9020	RAMPA 2	72124.347	97067.848	946.960
9021	BIBLIOTECA	72025.275	97383.679	922.651

**Tabela 5 - Coordenadas Rede de Apoio Campus IPG no sistema PT TM06 ETRS 89**

### 4.2.3. Comparação de Coordenadas

Depois de obtidas as coordenadas, fez-se a comparação entre as coordenadas dos pontos da rede existente em datum Lisboa com as coordenadas dos mesmos pontos em PT-TM06 ETRS89; esta comparação foi feita apenas para os pontos mantidos, no sentido de aferir a existência de erros grosseiros na obtenção da rede de apoio; caso existissem valores muito díspares, isso poderia levar à conclusão de que os pontos tinham sido mal coordenados ou que a rede existente tinha erros na sua coordenação

Tratando os dados da Tabela 6, obtém-se para as coordenadas M um valor mínimo nas diferenças de 1,288m e um valor máximo de 1,335m na direção Oeste; para as coordenadas P, o valor de diferença mínimo foi de 0,672m e o valor de diferença máximo de 0,715m, na direção Norte, enquanto nas cotas as diferenças cifraram-se entre 1,504 e 1,557m negativas, isto é inferiores em relação ao existente. As distâncias planimétricas obtidas têm uma média de 1,487m. De notar que as diferenças foram calculadas a partir das coordenadas no sistema PT-TM 06 ETRS 89 em relação ao sistema *Datum* Lisboa.

Nome	PT-TM06 ETRS89			Lisboa			Diferenças de Coordenadas			
	M	P	cota	M	P	Cota	$\Delta M$	$\Delta P$	$\Delta cota$	Distância Planimétrica
IPG 1	72180.546	97322.734	911.044	72181.875	97322.041	912.585	-1.329	0.693	-1.541	1.499
IPG 2	72198.000	97413.508	911.037	72199.324	97412.815	912.587	-1.324	0.693	-1.550	1.494
IPG 3	72166.936	97479.770	912.474	72168.261	97479.089	914.031	-1.325	0.681	-1.557	1.490
IPG 4	72092.356	97504.811	915.559	72093.687	97504.138	917.094	-1.331	0.673	-1.534	1.491
IPG 6	71974.941	97420.065	922.886	71976.263	97419.381	924.422	-1.322	0.684	-1.536	1.488
IPG 7	71924.786	97361.022	925.868	71926.114	97360.338	927.405	-1.328	0.684	-1.537	1.494
IPG 8	71877.879	97306.628	928.831	71879.194	97305.953	930.365	-1.315	0.675	-1.534	1.478
IPG 9	71866.537	97226.055	931.758	71867.825	97225.367	933.262	-1.288	0.688	-1.504	1.460
IPG 10	71882.501	97154.860	934.394	71883.814	97154.159	935.936	-1.313	0.701	-1.542	1.488
IPG 12	72035.940	97147.908	928.883	72037.275	97147.202	930.387	-1.335	0.706	-1.504	1.510
$\Delta 1$	72113.520	97230.220	920.585	72114.839	97229.522	922.122	-1.319	0.698	-1.537	1.492
$\Delta 2$	71874.281	97053.127	938.510	71875.587	97052.412	940.047	-1.306	0.715	-1.537	1.489
CIVIL	72060.289	97418.915	919.209	72061.595	97418.211	920.742	-1.306	0.704	-1.533	1.484
TORRE	72070.965	97403.324	919.805	72072.261	97402.627	921.325	-1.296	0.697	-1.520	1.472
B2	72022.681	97304.404	920.172	72024.005	97303.732	921.701	-1.324	0.672	-1.529	1.485
CENTRAL	72028.109	97237.646	923.870	72029.428	97236.966	925.420	-1.319	0.680	-1.550	1.484
Médias							-1.318	0.69	1.53406	1.487

Tabela 6 - Diferença de Coordenadas Pt-TM06 ETRS89, DATUM LISBOA

As diferenças de coordenadas atrás indicadas, estão na casa dos centímetros considerando a media dos valores pelo que validam os dados obtidos, visto que, não têm obrigatoriamente de ser exatamente iguais, visto a conversão entre os dois sistemas não ser uma translação pura, mas ter em si associada uma rotação devido às diferenças entre elipsoides usados.

Pelos valores mostrados na tabela 6, bem como pelo desenho da figura 12, que é aproximadamente igual, do ponto de vista gráfico a todos os pontos mantidos da rede existente, é possível ver que a tendência linear de traslação para noroeste no PT-TM06 ETRS89 em relação ao Datum Lisboa.

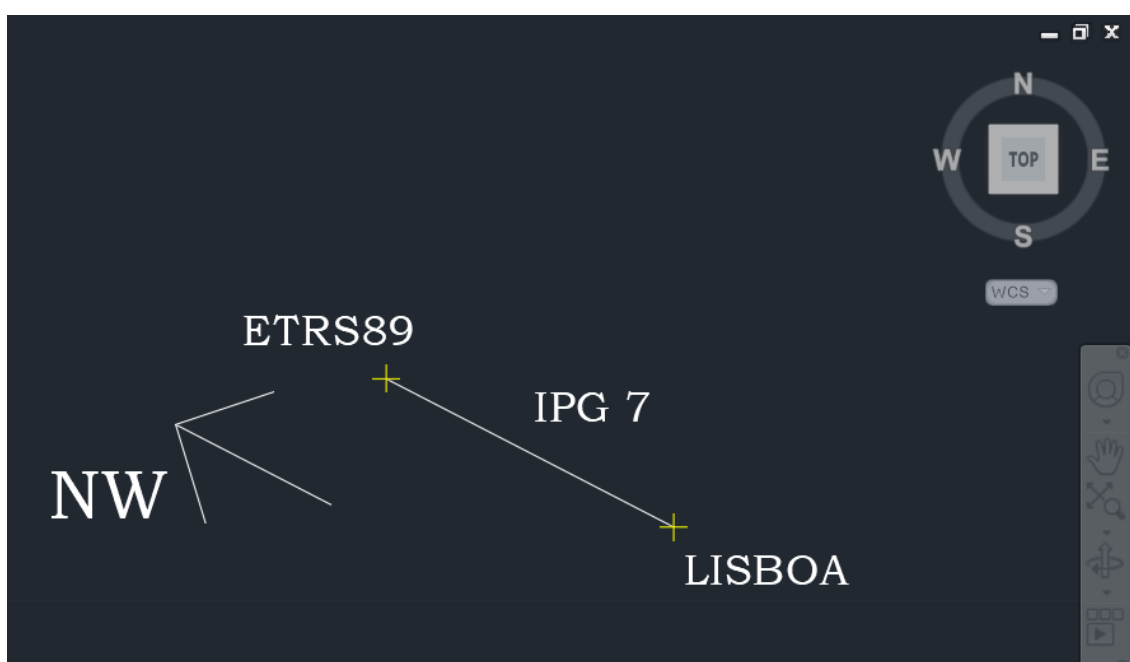


Figura 12 - Diferença de Coordenadas Dt Lx – ETRS89 (IPG 7)

### 4.3. Levantamento Topográfico

Depois da análise da planta existente, e verificação das discrepâncias desta com a realidade atual, definiram-se os pontos em falta, ou a mais, para posteriormente se fazer o levantamento topográfico dos elementos em falta. O levantamento topográfico consistiu essencialmente na recolha de dados topográficos dos elementos em falta na planta já existente, nomeadamente o edifício da Associação Académica, bem como alterações na linha da vedação e edifícios de oficinas, no fundo da rampa 2, junto do ponto Triangulo 2

Torna-se essencial fazer um cróqui traçado (ver anexo 1) onde estão definidos os elementos importantes a levantar, bem como a divisão de trabalho para cada elemento do grupo.

Foram também definidos códigos de pontos, presentes na tabela 7, para que posteriormente em gabinete, se criassem os layers e grupos de pontos que diferenciam os tipos de elementos levantados.

Codigos	Descrição
20	Linha de Água
39	Postes
40	Edifício
43	Extrema
44	Caixa
49	Árvore
50	Baixo
59	Estrada
60	Cimo
62	Lancil
63	Muro
66	Escadas
80	Cotas

**Tabela 7 - Códigos dos Pontos**

Para além das alterações apresentadas, e durante um dia no terreno recolheram-se mais de 700 pontos com o equipamento GNSS, principalmente ao longo da estrada que circunda o Campus do IPG, bem como a vedação completa do mesmo, de forma, a que no final quando se importasse a parte do levantamento existente em Datum Lisboa, fosse efetuada a georreferenciação para o PT-TM06 ETRS89, e comparassem possíveis discrepâncias entre os pontos levantados e o desenho anterior. As discrepâncias encontradas foram poucas, mostra-se que o levantamento anterior foi feito com bastante pormenor, sendo garantida a escala 1/1000, mas estando presente no mesmo, pormenores que só aparecem a escalas maiores (1/500 e até 1/200), como tampas de saneamento ou caixas de 20 cm, pelo que se demonstra que o levantamento existente pode perfeitamente continuar a ser utilizado.

O levantamento dos elementos em falta foi feito sempre que possível com o equipamento GNSS e nos pontos onde isso não foi possível usou-se a Estação Total. Na secção 4.4 serão explicados, alguns pormenores da estação total, bem como

particularidades inerentes ao levantamento feito; em relação ao equipamento GNSS-GPS, os elementos foram levantados de forma análoga ao explicado ao longo do subcapítulo 4.2.1, à exceção de se obterem os pontos com a leitura de 1 segundo e não com 120 segundos, não comprometendo a precisão exigida.

Para o levantamento com o GNSS o equipamento foi configurado com tolerância máxima de 1,5cm em planimetria e 3 cm em altimetria.

#### **4.4. Levantamento do Edifício da Associação Académica**

A estação total foi usada apenas na área à volta do edifício da Associação Académica, tendo sido usadas cinco estações para o efeito: duas de ligação e três onde efetivamente se estacionou para levantar os elementos em falta.

##### **4.4.1. Condições de Estação**

A fase de estacionamento do instrumento e do nivelamento do mesmo é essencial para a obtenção correta dos dados a levantar. Numa primeira fase deve nivelar-se o equipamento sobre o tripé de forma a que a base do equipamento fique perto da horizontal e a uma altura que seja a adequada e cómoda para o utilizador e, caso o terreno seja pouco rígido fixar as pernas do tripé ao solo. De seguida coloca-se o equipamento em cima da base e liga-se. Depois de ligada, a Estação Total deverá automaticamente apresentar o aviso de equipamento desnivelado e seguir para o menu de nivelamento, caso contrário o utilizador deve aceder ao menu de nivelamento a partir do menu acessível pela tecla *FNC*. Antes de nivelar o equipamento deve colocar-se a sua vertical exatamente coincidente com o ponto efetivado, no caso com o centro do *geoprego*, através do raio laser; de seguida devem mover-se as pernas do tripé de forma a calar primeiramente a nivela do equipamento (esférica) com menor precisão e de seguida a nivela central (tórica) de maior precisão. Depois de “calar” as nivelas o equipamento, deve verificar-se a coincidência da vertical do equipamento com o *geoprego*; caso o equipamento tenha saído deve voltar a mexer-se ao longo da base de forma a repor essa coincidência. De seguida no menu nivelamento do equipamento e através dos três parafusos nivelantes do mesmo deve nivelar-se o equipamento de forma que as marcas verticais e horizontais no ecrã coincidam com o centro simultaneamente, colocando o equipamento numa primeira fase colinear com o alinhamento de dois dos

parafusos, movendo os dois laterais no mesmo sentido e contrário ao desequilíbrio horizontal correspondente que aparece no ecrã e o parafuso frontal deve mover-se no sentido contrário ao desequilíbrio vertical que aparece no ecrã; finalmente deve rodar-se o equipamento aproximadamente de 100 em 100 graus para verificar a manutenção da verticalidade. Sempre que se conseguir essa verticalidade, deve verificar-se a coincidência do laser com o ponto de apoio pretendido, com o maior rigor possível, com vista a minimizar erros. Este processo é de crucial importância a uma correta colheita de pontos. O equipamento só fica em estação quando se escolhe uma de duas hipóteses: introduzem-se as coordenadas reais ou fictícias da estação e se orienta em função de um rumo conhecido, ficando o levantamento ligado à rede ou também com rumo fictício, ou uma segunda hipótese é trabalhar no modo estação livre, conhecendo dois ou três pontos de coordenadas conhecidas, dependendo do equipamento e assim o equipamento calcula a sua posição e o rumo em função das coordenadas dos pontos visados, ficando também ligado à rede, caso os pontos estejam ligados a uma rede conhecida.

#### 4.4.2. Rede de Apoio e Georreferenciação

A rede de apoio para o levantamento topográfico pelo método “clássico” incluiu o ponto Rampa1, previamente coordenada bem como 4 pontos novas coordenadas com o GNSS, tendo-se usado o ponto Rampa 1 como base para essa georreferenciação. De seguida introduziram-se as coordenadas dos 5 pontos de estação, na Estação Total, ver tabela 8.

Nome do Ponto	M(m)	P(m)	Cota(m)
7001	72270.297	97060.606	960.996
7002	72269.246	97017.43	959.784
7003	72308.645	97013.567	967.781
7004	72349.728	97020.819	970.066
7005	72025.275	97383.679	922.651

**Tabela 8 Pontos Estação**

O trabalho foi georreferenciado, numa primeira fase, introduzindo as coordenadas do ponto de estação correspondente, “amarrando” o trabalho a essas coordenadas aquando do estacionamento; de seguida, aquando da introdução no equipamento da orientação colocou-se a hipótese por coordenadas (*ENH*) e introduziu-se o número do ponto visado, visando-se esse mesmo ponto e gravando a orientação, que deu o rumo certo da estação; a partir deste momento os pontos coordenados depois deste processo estão

georreferenciados pelas medições de distância e de ângulos do equipamento. Sempre que se mudou de estação fez-se o mesmo processo. Resta referir que em cada estação usada e através do comando *dist*, confirmaram-se as coordenadas visadas, conseguindo-se sempre erros abaixo de 1cm para todas as coordenadas planimétricas, prosseguindo assim o trabalho

#### 4.4.3. Recolha de pontos

Depois de estar estacionado e orientado, o equipamento está pronto a adquirir os pontos que farão parte do trabalho. No caso da estação total *Leica TCR 803*, é possível criar uma lista de códigos para assim ser mais fácil relembrar no terreno e assim organizar os pontos em função da sua especificidade.

Escolhidos os *layers* em função dos componentes e critérios escolhidos na recolha dos pontos, e depois de iniciar o trabalho os pontos foram recolhidos com a indicação da altura do prisma, que vai variando, em função das condições de intervisibilidade e o código referente a cada ponto a tirar; no menu é possível alterar também o número do ponto a tirar, caso contrário o *software* segue a ordem sequencial. De notar que o bastão usado tem a altura de 1.30 metros e foi essa altura que se optou por usar sempre que as condições de visibilidade permitiam a fim de minimizar erros devido à não verticalidade do bastão.

O processo de focagem deve ser feito com o máximo rigor, estando o ponto de coincidência das duas linhas de visada coincidentes com o centro do prisma; para além do cuidado por parte do operador da estação, o “porta-miras” deverá ter o máximo cuidado em assegurar a verticalidade do bastão, bem como a coincidência do ponto a retirar.

Visto algumas zonas do edifício e da zona circundante da Associação Académica e do limite serem inacessíveis, optou-se por usar a funcionalidade “sem prisma” da estação total, com a luz Laser ligada, sendo que esta opção pode não ser exata devido à possibilidade de interferências, teve-se especial cuidado, principalmente na análise em gabinete dos pontos recolhidos, sendo apagados os pontos detetados com erros grosseiros, devido à interferência da vegetação.

## Capítulo 5

### 5. Trabalho de Gabinete

O trabalho de gabinete é onde se unem os pontos e se corrigem erros trazidos de campo, sendo também a altura em que se podem verificar incongruências e omissões que podem levar à repetição de uma parte ou de todo o trabalho, ou a necessidade de alterações do mesmo. Todo o trabalho previamente descrito deve ter em conta esta fase do processo, visto o objetivo de um levantamento topográfico, ser normalmente a representação cartográfica da área de intervenção. Por exemplo a escolha de layers deve ser feita no campo, tendo em conta os elementos que devem constar no desenho final;

#### 5.1. Criação de Grupos de Pontos

Depois de importados os pontos, na *toolspace* do programa e no ícone referente a *pointgroups*, acede-se ao menu mostrado na figura13; de seguida foram criados os *layers* e grupos de pontos respetivos a cada um dos elementos presentes no trabalho, bem como as *labels*, isto é o conteúdo a indicar por cada um.

Este processo pode ser moroso no início, mas permite uma melhor gestão do tipo de informação que se quer ver nos *layouts* a apresentar no final do trabalho, bastando para isso editar as *labels*, ou no caso planta planimétrica usar a *labelpoint* só criada para ser visível apenas o ponto.

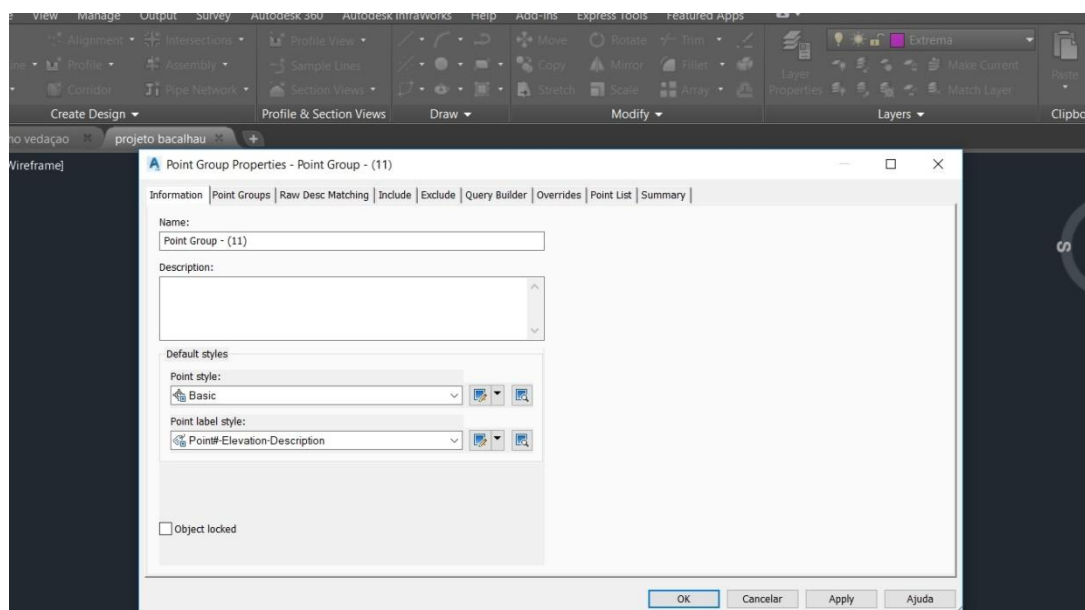
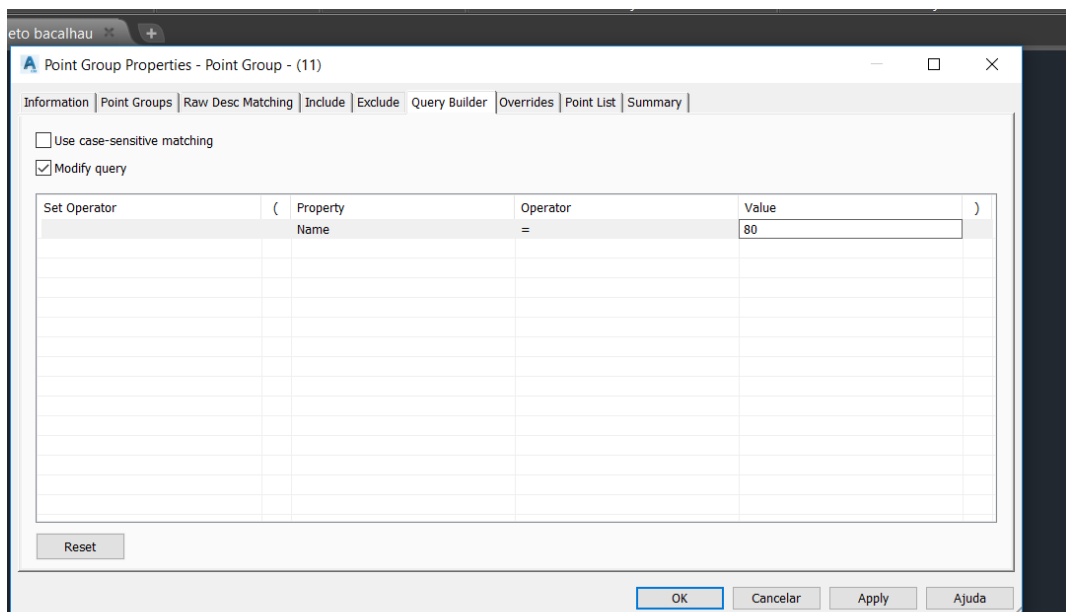


Figura 13- Point Group



As *labels* foram individualizadas ao longo dos diferentes passos do trabalho em gabinete. Em cada grupo de pontos criado no separador *Querybuilder*, (figura 14), associou-se o número do código, visto que a estação usada grava números, através da fórmula *Rawdescription* (número do código correspondente), associando assim na raiz do trabalho os pontos importados com um número na descrição do mesmo ao código respetivo.



**Figura 14 - Menu QueryBuilder**

Por exemplo e tendo em conta a tabela7, no grupo de pontos extrema associou-se a descrição ao número 43; posteriormente alterou-se o layer de cada grupo que por defeito o *Autocad* importa no *layerv-node* para o *layer* correspondente a cada grupo de pontos, ficando assim tudo coerente, quer do ponto de vista dos grupos de pontos e aspeto de cada grupo, bem como dos pontos individualmente que passaram a ficar associados ao *layer* que lhes corresponde.

## 5.2. Desenho da Planimetria

Depois de criados os grupos de pontos e associados os pontos aos respectivos *layers*, fizeram-se os desenhos, desligando todos os *layers* à exceção do respetivo ao elemento a desenhar. Para isso usou-se o comando *layer* que mostra todos os *layers* do trabalho, como mostra a figura 15; selecionam-se todos os elementos da lista e através do ícone *on* desativam-se. De seguida no mesmo ícone mas só selecionando o *layer* respetivo do elemento a desenhar ativa-se este, aparecendo somente os pontos pretendidos. É

bastante importante que as associações dos *layers* aos grupos de pontos tenham sido feitas corretamente, caso contrário, todo o processo seguinte pode ficar comprometido. Ativados os pontos do layer a desenhar, unem-se os pontos com linhas, através do comando *line* e com a ferramenta *Node* ligada, de forma a seleccionar o ponto rigorosamente.

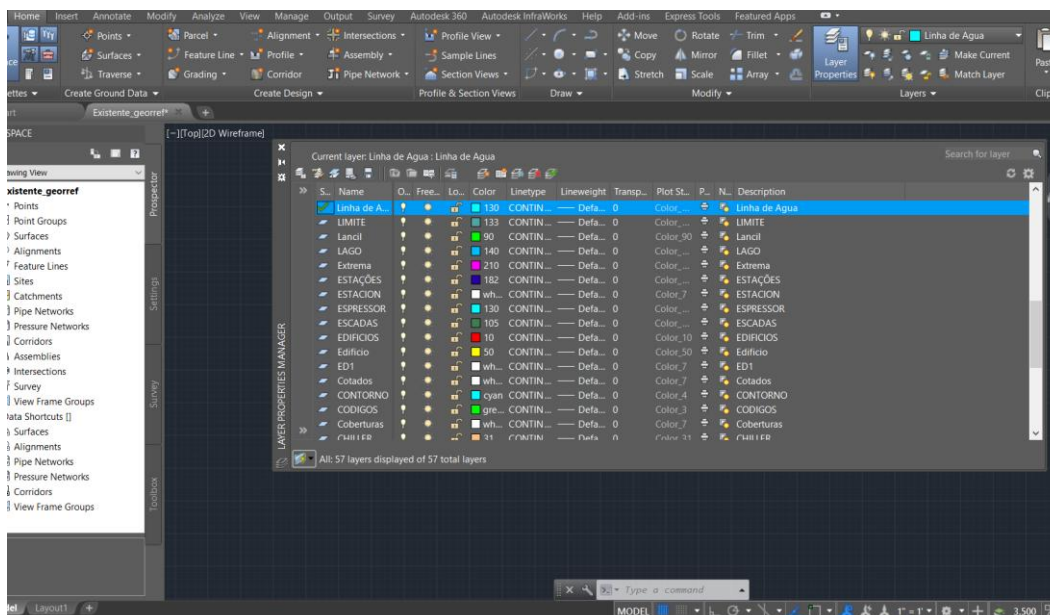


Figura 15 - Menu Layers

De notar que nesta fase é necessário o Engenheiro Topógrafo ter um bom conhecimento dos elementos a desenhar, recorrendo sempre que necessário ao Cróqui feito no início do trabalho (anexo 1) e a uma boa cobertura fotográfica da zona a levantar, (figuras 16 e 17), caso estes elementos não sejam suficientes para esclarecer dúvidas no desenho pode ser necessário visitar o local para confirmar ou alterar algum pormenor.

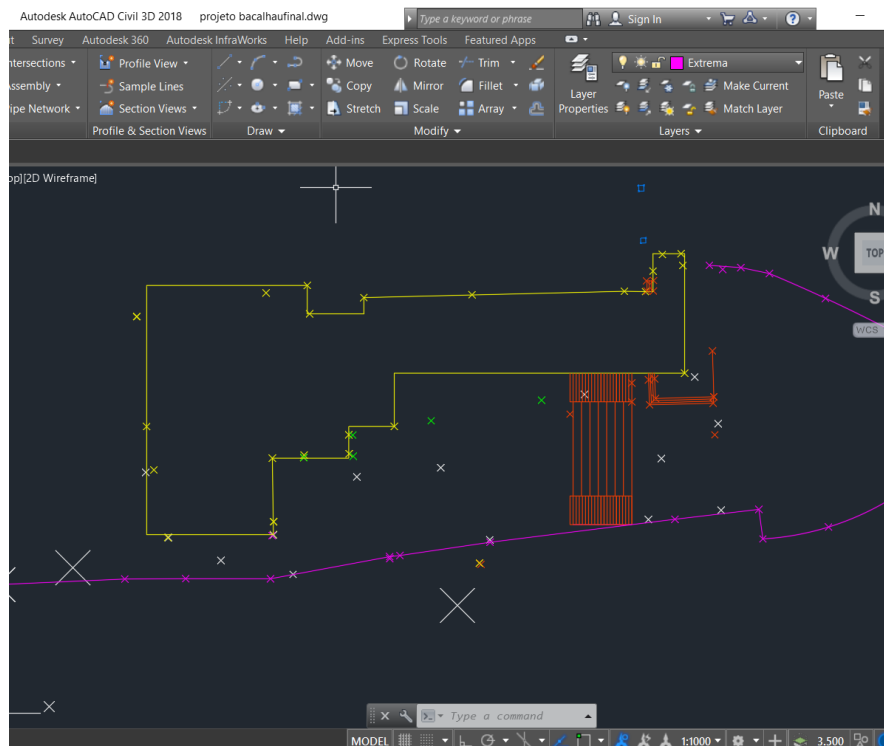


**Figura 16 - Fotografia de Apoio Oficinas**



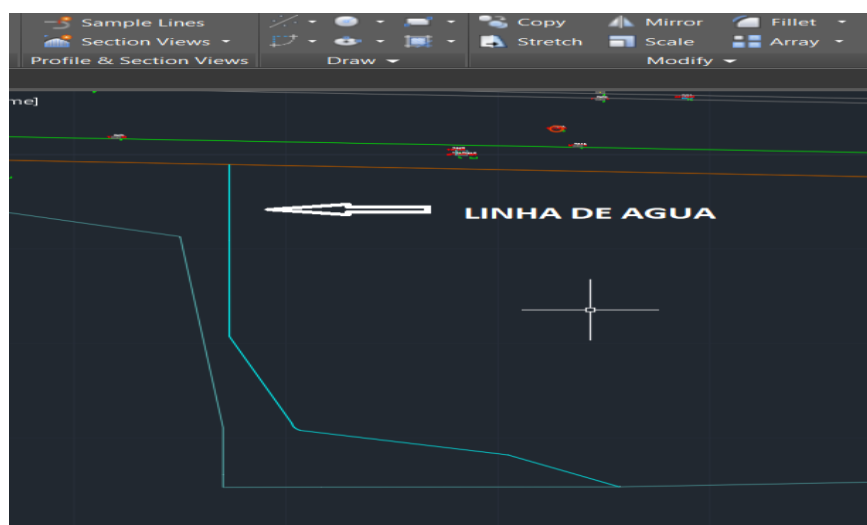
**Figura 17 - Fotografia de Apoio Escadas AAG**

O desenho do edifício da Associação Académica da Guarda foi feito tendo em conta o perímetro de implantação do edifício resultando a figura 18.



**Figura 18 - Edifício Associação Académica**

Para além do edifício da Associação Académica da Guarda desenhou-se a linha de água, junto à vedação, mostrada na figura 19 bem como o lancil, o limite e as escadas na parte de trás do edifício, presentes na figura 18.



**Figura 19 - Desenho Linha de Água junto à Associação Académica**

Na representação das escadas fez-se um *offset* a partir dos pontos de baixo e de cima levantados no terreno com a distância de 29 cm, medidas indirectamente a partir de pontos levantados, resultando o desenho da figura 20.

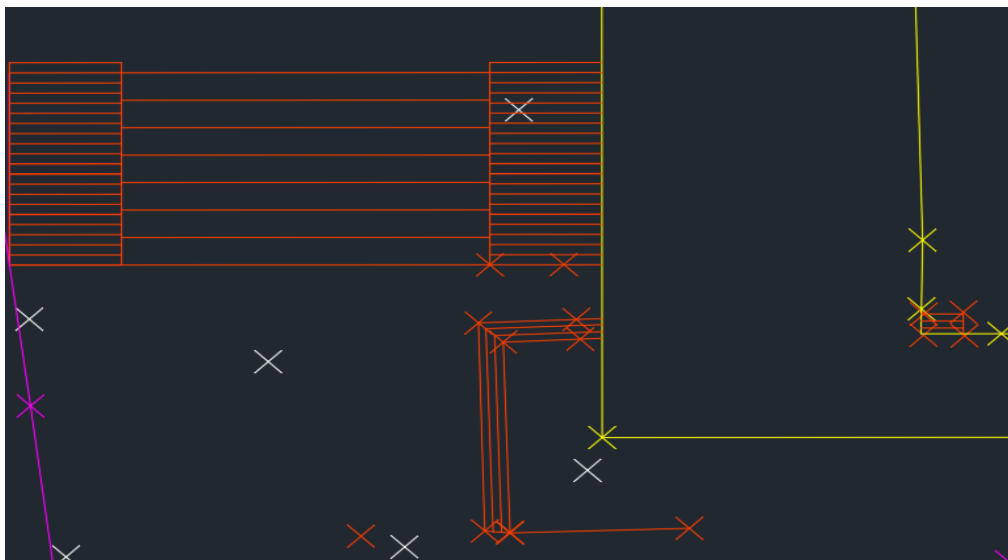
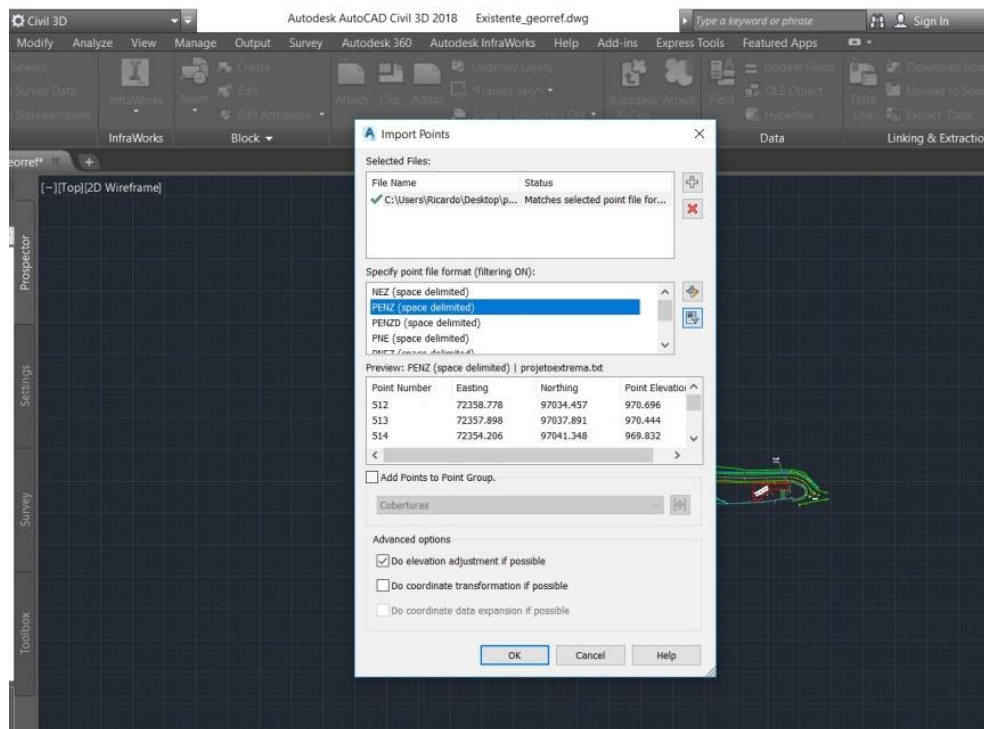


Figura 20 - Pormenor Escadas

### 5.3. Importação e georreferenciação do Levantamento Existente

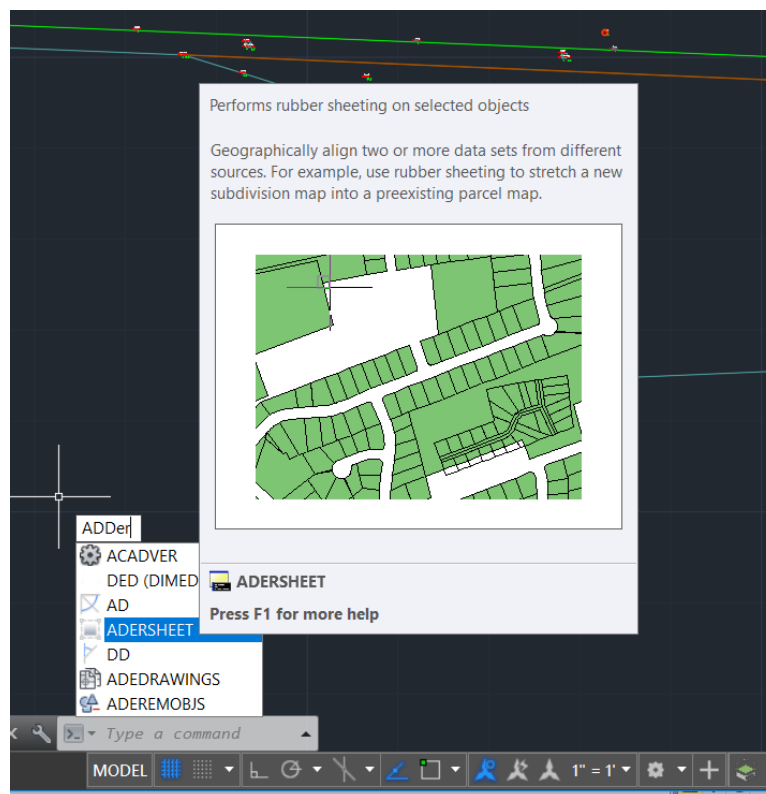
O trabalho de desenho em gabinete foi feito na base do levantamento existente cedido pela professora orientadora, Professora Glória Patrício, pelo que, a primeira coisa a fazer foi abrir o ficheiro em formato *dwg*. De seguida importaram-se os pontos da rede de apoio, a partir do comando *importpoint* e seleccionando o txt gerado ao longo desta parte do trabalho de campo, com a configuração PENZD seleccionada, como mostrado na figura 21 de forma às coordenadas, número dos pontos e códigos escolhidos serem corretamente importados. Após a importação dos pontos e sabendo de antemão, como explicado ao longo do presente relatório, quais os pontos da rede mantidos, transformaram-se as coordenadas do sistema Datum Lisboa para o sistema PT-TM06 ETRS89 o trabalho na base destes pontos comuns, como explicado no parágrafo seguinte.





**Figura 21 – Comando *ImportPoints***

A georreferenciação do levantamento existente para PT-TM06 ETRS89, baseou-se, simplesmente na ferramenta *Addersheet* do AutoCad Civil 3D 2018, mostrada na figura 22.



**Figura 22 - Comando ADERSHEET [Autocad,2018]**

Nos vértices mantidos da antiga rede, e com o comando atrás nomeado, clicou-se em cima do ponto antigo com a ferramenta *Node* ativada, para garantir a máxima exactidão, clicando de seguida no ponto correspondente, na nova rede (georreferenciado em PT-TM06 ETRS89), repetindo este processo para todos os pontos, dando *Enter*, depois de todos os pontos terem sido incluídos no processo. Depois de usado o comando *Addsheet* o trabalho ficou georreferenciado no novo sistema, ao qual se juntaram os levantamentos efetuados que completam o anterior, como explicado no subcapítulo seguinte.

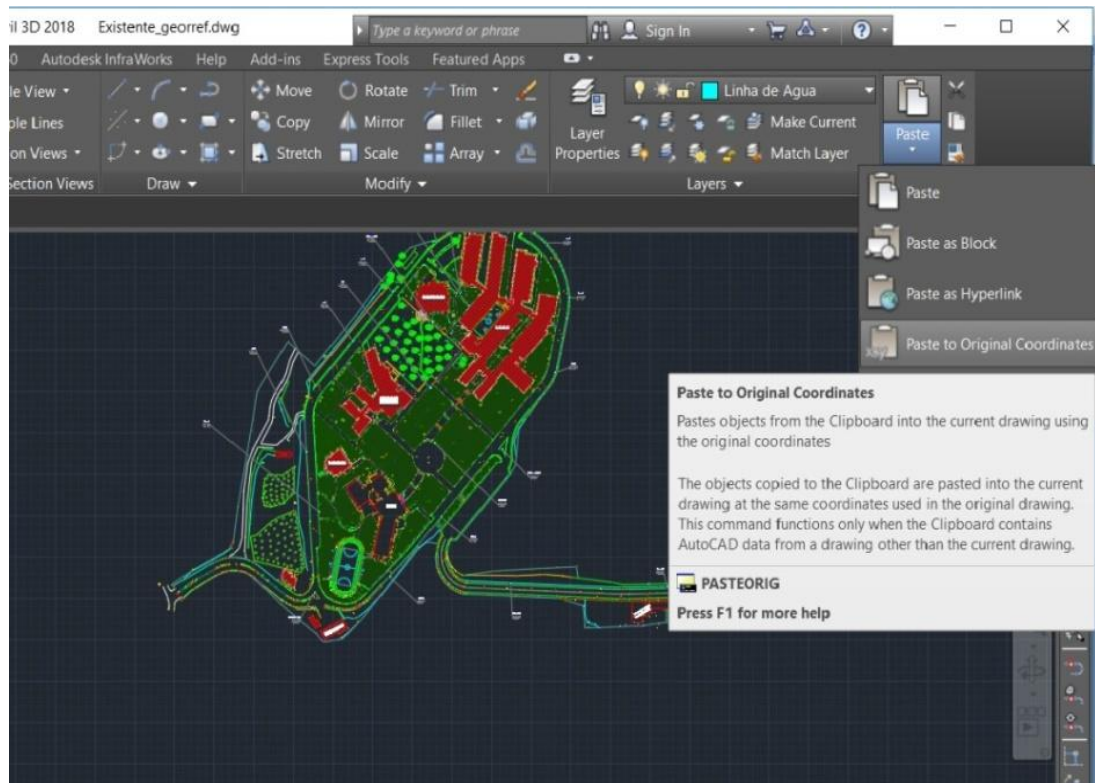
#### 5.4. Desenho Final

Após a georreferenciação do levantamento feita para o sistema de referência PT-TM06 ETRS89, procedeu-se à junção de todas as peças desenhadas num só desenho, (anexo 4) para isso, após seleccionar todo o desenho copiou-se com o comando *copy*, como mostrado na figura 23.



Figura 23 - Levantamento limites e Edifício da Associação Académica

Depois de todo o desenho a importar seleccionado abriu-se o desenho final e com o comando *paste to original coordinates*, mostrado na figura 24 colou-se o desenho.



**Figura 24 - Paste To Original Coordinates**

Ao juntar os desenhos e conhecendo a zona a levantar de antemão, verificou-se uma incongruência no alinhamento da vedação junto às garagens, bem como junto ao edifício da Associação Académica, como mostram as figuras 25 e 26, bem como a forma do edifício das Garagens não estar desenhada em conformidade com a realidade. Devido a estas discrepâncias voltou-se ao local para completar o desenho e tirar algumas dúvidas existentes.

Após todo o desenho completo resultou a planta final, anexo 5.



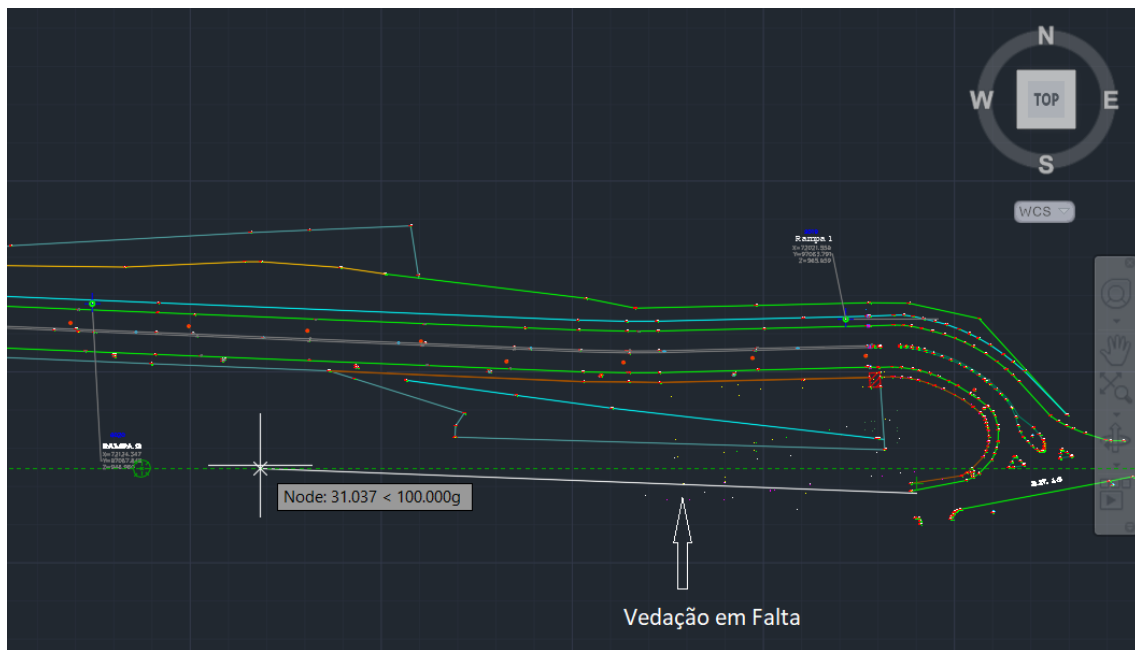


Figura 25 - Vedação Edifício Associação Académica



Figura 26 - Vedação Junto as Oficinas

## Capítulo 6

### Discussão e Conclusão

O presente trabalho incluiu aplicações bastante práticas das mais variadas unidades curriculares, lecionadas ao longo dos três anos do curso de Engenharia Topográfica: o conhecimento dos diferentes tipos de data usados, essencial para se perceber e aplicar a georreferenciação inclui matérias abordadas ao longo das disciplinas de Topografia I e Elementos de Cartografia ou até de Geodesia Geral; já os levantamentos e a coordenação das novas estações foram feitos na base de disciplinas como Sistemas de Posicionamento e Navegação por Satélite e de Topografia Aplicada.

Como se notou ao longo do desenvolvimento do projeto teve sempre que se ter em conta o existente e os elementos a levantar, situação que pode acontecer no dia-a-dia de um Engenheiro Topógrafo e para o qual deve estar preparado, conseguindo assim poupar-se algum trabalho de campo, embora se deva, na medida do possível, verificar a coincidência de pontos, que se sabe com segurança a sua manutenção, para verificar erros principalmente depois da georreferenciação do levantamento anterior, como se viu no subcapítulo 4.2.1

Este trabalho pode ser bastante útil para apoiar as unidades curriculares do curso, visto ter sido renovada a rede e atualizada para o sistema de coordenadas em vigor mas deixa em aberto possíveis futuros trabalhos que se podem nele apoiar ou completar; o levantamento atual não tem modelação digital do terreno, o que pode ser colmatado com a elaboração de um levantamento altimétrico; outras hipóteses de trabalhos futuros são SIG, na base geográfica deste levantamento, ou melhorias na rede de apoio como a comparação futura com nivelamentos geodésicos a partir do vértice Cerca e comparar os dados obtidos com GNSS

## Bibliografia

<http://sigamcb.pt/visualizador/guarda> (sítio oficial da Associação de Municípios da Cova da Beira, consultado em Novembro de 2018)

[http://www.dgterritorio.pt/cartografia\\_e\\_geodesia/geodesia/sistemas\\_de\\_referencia/portugal\\_continental/datum\\_lisboa\\_obsoleto\\_substituido\\_pelo\\_sistema\\_pt\\_tm06\\_etrs89\\_/\\_/](http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/geodesia/sistemas_de_referencia/portugal_continental/datum_lisboa_obsoleto_substituido_pelo_sistema_pt_tm06_etrs89_/) (sítio oficial da Direção Geral do Território (DGT), consultado em Outubro de 2018)

[https://www.igeoe.pt/downloads/file129\\_pt.pdf](https://www.igeoe.pt/downloads/file129_pt.pdf) (Boletim do IGeoE, N° 68, Lisboa, Novembro de 2006, “IGeoE e o projecto SERVIR – “Sistema de Estações de Referência GNSS Virtuais” para RTK), consultado em Outubro de 2018)

<https://slideplayer.com.br/slide/1656715/> (Sitio UFBA), consultado em Novembro de 2018

LeicaGeosystems, *Leica TPS800 Series Manual do Usuário*, Heinrich-Wild-Strasse, Suíça, 2005

Matos J. (2007), “*Geodesia e Sistemas de Referência*”, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura – Instituto Superior Técnico, Lisboa

Patrício G., *Apontamentos Geodesia Geral – Engenharia Topográfica*, Instituto Politécnico da Guarda, Guarda, 2018

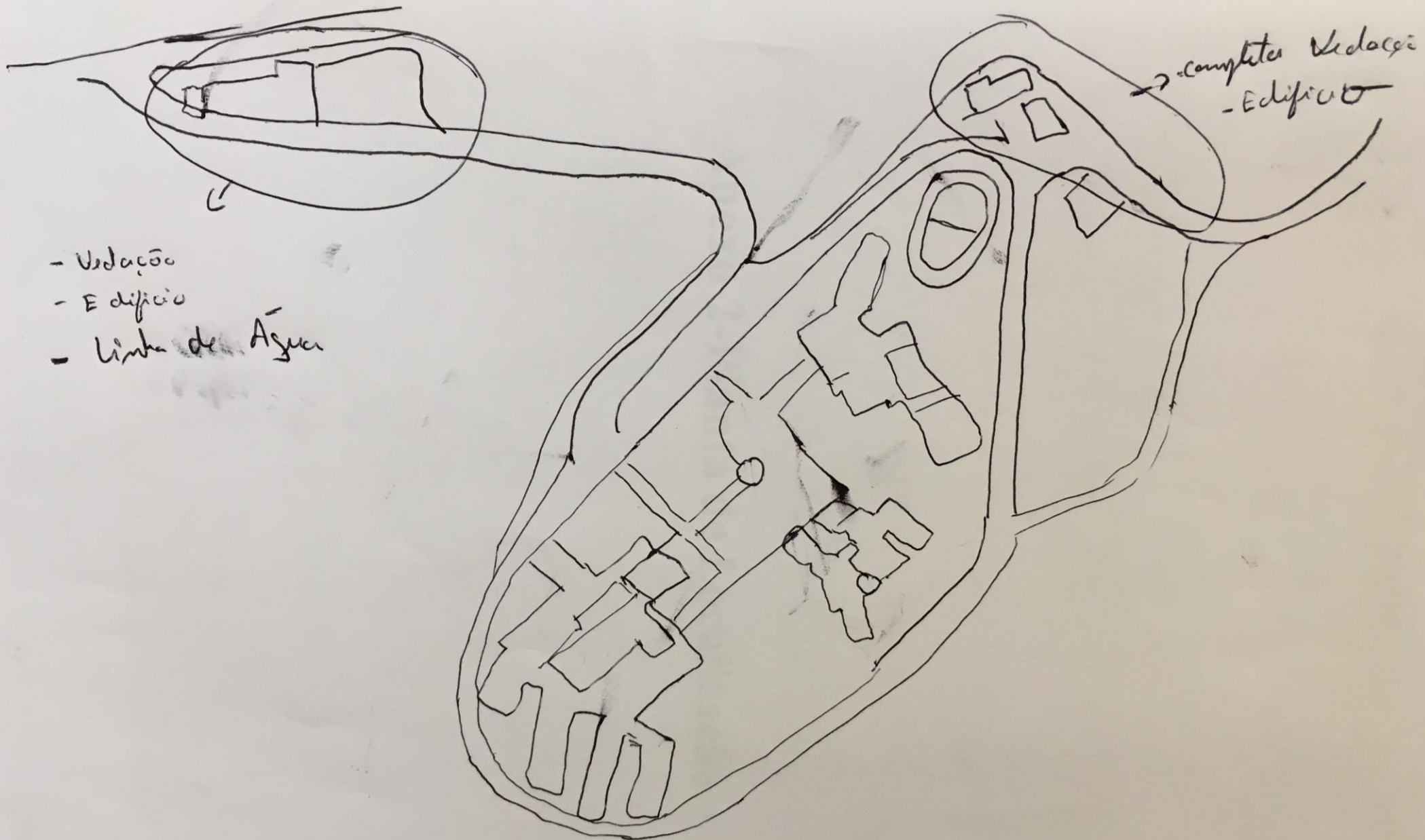
Soares E., *Apontamentos de Topografia Aplicada – Engenharia Topográfica*, Instituto Politécnico da Guarda, Guarda, 2018

# ANEXOS

## Índice de Anexos

Anexo 1–Croqui .....	46
Anexo 2-Planta de Localização .....	47
Anexo 3-Rede de Apoio à Escala 1/1000 .....	48
Anexo 4-Atualizações Levantamento Topográfico à escala 1/1000 .....	49
Anexo 5-Levantamento Topográfico do Campus do IPG Atualizado à escala 1/1000..	50

## **Anexo 1–Croqui**



## **Anexo 2-Planta de Localização**





# Planta de Localização

## Ortofotomapa

Requerente: Ricardo Saraiva

Contacto:

Pretensão:

Proprietário do terreno:

NIF do Requerente:

Local:

Data: 01/12/2018

NIF do Proprietário do Terreno:

Ref.ª Int.:

Guia N.º:

Verificado por:

96774

97724

71601

71601



72451

72451

96774

97724

Escala: 1:5.000

0 250 Metros

SISTEMA DE REFERÊNCIA:  
PT-TM06 / ETRS89



A localização assinalada é da inteira responsabilidade do requerente. A informação disponibilizada não dispensa a consulta dos documentos originais. O fornecimento desta planta não implica qualquer compromisso quanto ao deferimento ou concessão de licenças ou autorização sem a verificação da sua conformidade junto dos serviços da Câmara Municipal.

**Câmara Municipal da Guarda**

Praça do Município 6301 - 854 Guarda

Tel.: 271 220 220

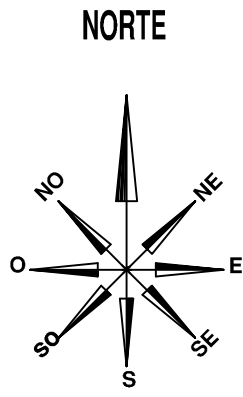
Fax: 271 220 280

[www.mun-guarda.pt](http://www.mun-guarda.pt)

# **Anexo 3-Rede de Apoio à Escala 1/1000**



Guarda  
Campus do IPG



97400

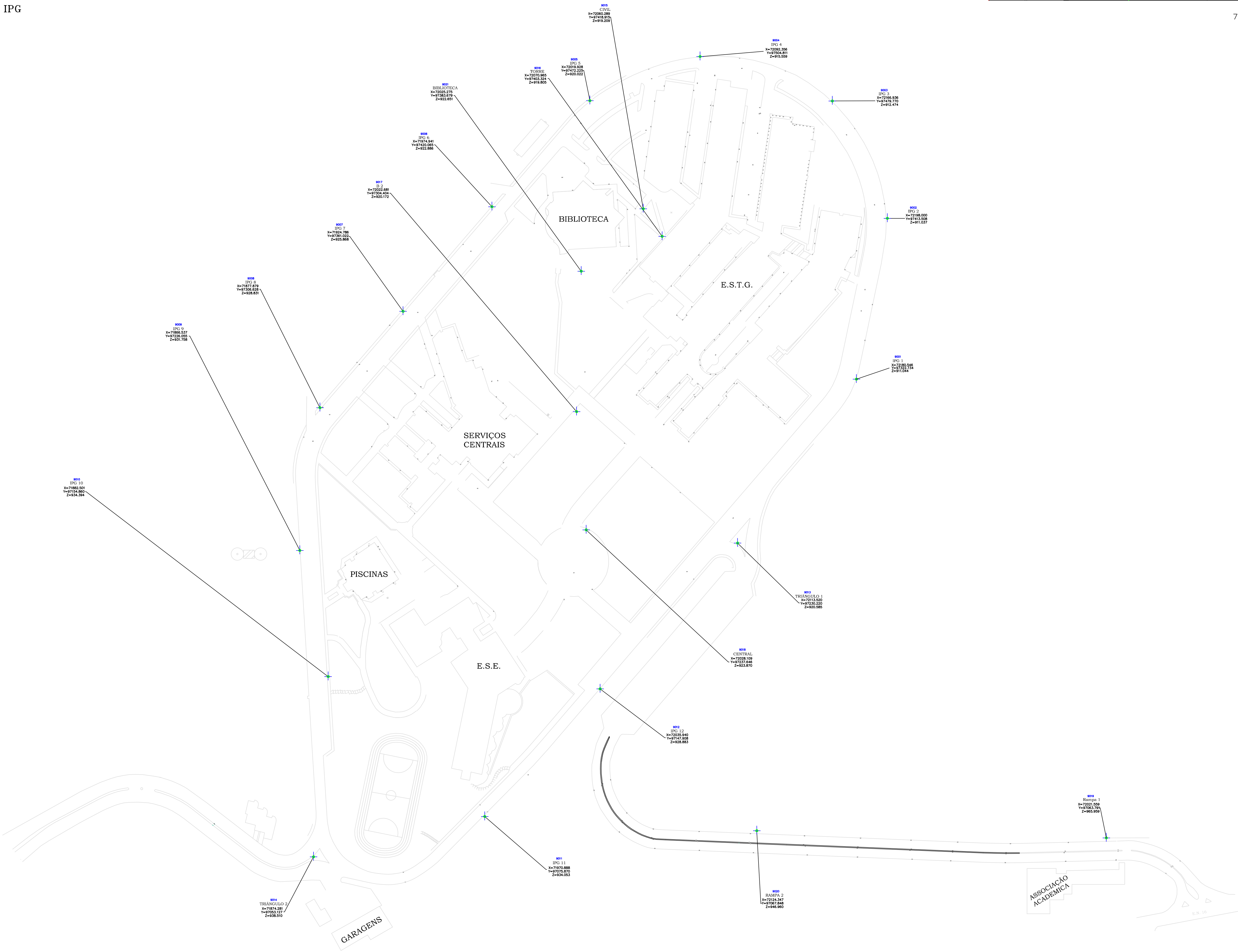
97200

97000

72000

72200

72400



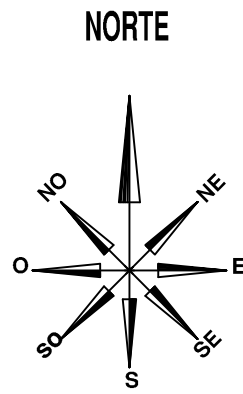
# **Anexo 4-Atualizações**

## **Levantamento Topográfico à**

### **escala 1/1000**



Guarda  
Campus do IPG



97400

97200

97000

72000

72200

72400

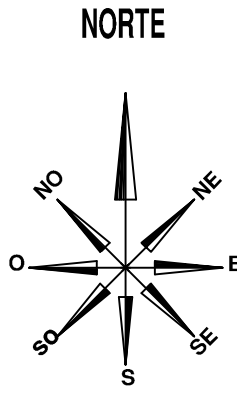




# **Anexo 5-Levantamento Topográfico do Campus do IPG Atualizado à escala 1/1000**



Guarda  
Campus do IPG



Legenda:

Existente:

Alterado:



97400

97200

97000